



CATÓLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LISBOA · PORTO · VISEU

**ANÁLISE MACROSCÓPICA E RADIOGRÁFICA DE TECIDOS E
MATERIAIS DENTÁRIOS SUJEITOS A ALTAS TEMPERATURAS**

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de
Mestre em Medicina Dentária*

Por:

Dayana E. Jacinto Baptista de Cardona.

Viseu, 2018



CATOLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LISBOA · PORTO · VISEU

**ANÁLISE MACROSCÓPICA E RADIOGRÁFICA DE TECIDOS E
MATERIAIS DENTÁRIOS SUJEITOS A ALTAS TEMPERATURAS**

*Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de
Mestre em Medicina Dentária*

Por:

Dayana E. Jacinto Baptista de Cardona.

Orientador: André Correia

Co-Orientador: Cristina Paiva Figueiredo

Viseu, 2018

*“Ainda que chegues ultimo numa carreira, sempre estarás por delate de quem nunca se
atreveram à correr”*

Haytt Centric Montevideo.

Aos meus pais pela dedicação, amor e carinho e por estarem sempre presentes apesar da distância.

Ao meu marido, por toda a compreensão, amor e apoio que sempre tem demonstrado.

AGRADECIMENTOS

Professor André Correia

Por todo o apoio manifestado na realização deste trabalho, obrigada.

Professora Cristina Paiva Figueiredo

Por toda a ajuda e apoio manifestado na realização deste trabalho e por toda a calma transmitida nas fases mais difíceis, obrigada.

Ao meu Marido Hermes Cardona

quero-te agradecer teu apoio e ajuda de forma incondicional em todo momento.

Obrigada, meu Amor Amo-te.

Aos meus pais

Que mesmo distantes sempre me deram força e apoio de forma incondicional. Por serem um exemplo de humildade, força e determinação, obrigado.

Ao meu Primo Daniel Oliveira

por serem os meus braços direito e esquerdo deste percurso, estando sempre disposto a ajudar-me em todos os momentos que necessitei, obrigado.

Meus colegas Johanna Resende e Andres Martins

Pelo companheirismo, amizade, ajuda e pelos momentos vividos em todo o meu percurso universitário, obrigado.

OBRIGADA....

RESUMO

Introdução: existem situações forenses envolvendo exposição a altas temperaturas, nomeadamente por ação de chamas, em que ocorre uma significativa destruição corporal do cadáver. A caracterização dos tecidos mineralizados e dos materiais dentários torna-se particularmente relevantes nestes casos, na medida em que poderá permitir até o estabelecimento de uma correlação com a temperatura de exposição a que esteve sujeito o cadáver. Em situações extremas de temperatura elevadas, a identificação dentária, per si, pode tornar-se impossível, principalmente quando ocorre uma completa destruição dos dentes ou quando os registos clínicos ante morte são inexistentes. Devendo preferencialmente proceder-se a análise dos dentes, tendo em conta a sua excelência em termos de preservação.

Objetivos: Observar as mudanças macroestruturais e radiográficas dos tecidos dentários e dos materiais de restauração dentária utilizados na atualidade, ao serem submetidos a diferentes temperaturas. Verificar a capacidade de as alterações observadas serem utilizadas a nível da identificação forense, nomeadamente em casos de cadáveres queimados, carbonizados ou incinerados.

Materiais e métodos: Realizou-se um estudo experimental in vitro para observar as mudanças físicas macroscópicas e radiográficas dos tecidos dentários e alguns materiais dentários. O protocolo proposto envolve 36 dentes humanos divididos em 3 grupos, de 12 dentes restaurados com de amálgama, resina composta e ionómero de vidro, estes dentes foram submetidos a 3 faixas de temperatura (600°C, 900°C e 1100°C) o que corresponde a dentes para cada temperatura proposta.

Resultados: Os tecidos e os materiais dentários estudados nesta investigação apresentam grande resistência em altas temperaturas sem variar consideravelmente sua macroestrutura, de tal maneira que as mudanças físicas (estabilidade dimensional, fissuras, gretas, fraturas, textura, cor, carbonização e incineração) podem chegar-se a identificar e associar-se à cada faixa de temperatura específica.

Conclusão: Os tecidos e os materiais dentários apresentam grande resistência em ação de altas temperaturas. Do mesmo modo, apresentam mudanças específicas (cor, textura, fissuras, gretas, fraturas e fragmentação) que podem contribuir com o processo de identificação de um cadáver ou restos humanos queimados, incinerados ou carbonizados.

Palavras-chave: Medicina dentária forense, identificação humana, tecidos dentários, materiais dentários, altas temperaturas.

ABSTRACT

Introduction: In forensic situations involving exposure to high temperatures, in particular by the action of fire, a significant destruction of the cadaver occurs. The characterization of the mineralized tissues and dental restoration materials becomes particularly important in these cases, as it correlates with the temperature to which the corpse was exposed. In extreme situations of high temperature dental identification may be impossible, especially when a complete destruction of the tooth occurs or when ante mortem clinical records are nonexistent. Preferentially, we should proceed with the analysis of the teeth, taking into account their excellence in terms of preservation.

Objectives: To observe the macro-structural and radiographic changes of the dental tissues and dental restoration materials used at present, when subjected to different temperatures. Checked the capacity of the observed alterations being used at the level of forensic identification, jointly in cases of cadavers burned, cribbed or incinerated.

Materials and methods: An in vitro experimental study was carried out to observe the macroscopic and radiographic physical changes of the dental tissues and some dental materials. The protocol involved wrapped 36 human teeth divided into 3 groups, of 12 teeth restored with amalgam, composite resin and glass ionomer, these teeth were subjected to 3 temperature ranges (600 ° C, 900 ° C and 1100 ° C) which correspond to teeth for each propustate temperature.

Results: The tissues and dentinal materials studied in this research present great resistance at high temperatures without significantly varying their macrostructure, so that physical changes (dimensional stability, cracks, cracks, fractures, texture, color, carbonization and incineration) can get to identify and associate with each specific temperature range.

Conclusion: The tissues and dental materials present great resistance in action of high temperatures. In the same way, they present specific changes (color, texture, fissures, cracks, fractures and fragmentation) that can contribute to the process of identifying a corpse or human remains burned, incinerated or charred.

Key words: Forensic dental medicine, human identification, dental tissues, dental materials, High temperatures.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	IX
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XIII
1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Medicina Dentária Forense	3
1.1.1 Métodos de Identificação Forense.....	3
1.1.2 Identificação de vítimas de fogo.....	5
1.2. Estrutura Dentária.....	7
1.3. Materiais Dentários.....	8
2. OBJETIVOS.....	11
2.1.Objetivos da investigação.....	13
3.MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. Tipo de Estudo.....	17
3.2. Amostra.....	17
3.3. Preparação das cavidades.....	18
3.4. Amálgama.....	19
3.5. Resina Composta.....	20
3.6. Ionómero de vidro.....	21
3.7.Aplicação das altas temperaturas.....	23
3.8. Observação.....	24
4. RESULTADOS.....	25
4.1. Dados Iniciais.....	27
4.2. Mudanças nos Tecidos Dentários.....	28
4.3. Mudanças nos Materiais Dentários.....	34

5. DISCUSSÃO.....	47
5.1. Alterações nos Tecidos Dentários.....	49
5.2. Alterações nos Materiais Dentários.....	52
6. CONCLUSÃO.....	57
7. BIBLIOGRAFIA.....	61
8. ANEXOS.....	71
8.1. Anexos.....	73

Índice de Figuras

Figura 1- Revestimento de fosfato (<i>Feguravest® M, Feguramed, Germany</i>).....	18
Figura 2- Preparação dentárias com amálgama.....	20
Figura 3- Preparação com Resina Composta (<i>Synery D6®, Coltene, Suiza</i>), cor A2/B2, adesivo (<i>Excite® F, Ivoclar vivadent, Liechtenstein</i>).....	21
Figura 4- Ionómero de vidro (<i>Ketac™® Fil Plus Aplicap™, 3M Espe, Germany</i>) cor A2...22	22
Figura 5- Forno Ovmat 7®, Manfredi, Italy.....	23
Figura 6- Máquina fotográfica digital com flash circular.....	24
Figura 7- Fotografia do dente hígido 31 e do dente 18.....	27
Figura 8- Radiografia do dente hígido 31 e do dente 18.....	27
Figura 9- Fotografia do dente hígido sujeito a 600°C.....	28
Figura 10- A e B) Radiografia aos 600°C.....	29
Figura 11- Fotografia do dente sujeito a 900°C.....	30
Figura 12- A e B) A dentina coronal e radicular observou-se repleta de linhas radiolúcidas compatíveis com as fraturas longitudinais e transversais.....	31
Figura 13- Fotografia dos dentes sujeito a 1100°C com evidente exposição da câmara pular.....	32
Figura 14- Radiografia de dentes hígidos sujeitos a 1100°C.....	33
Figura 15- Fotografia do dente 15 e 32 sujeito aos 600°C.....	34
Figura 16– A) Rx antes da ação de temperatura (A ₁ ,B ₁) e após a ação de temperatura (A ₂ ,B ₂) com restauração de ionómero de vidro, a 600°C.....	35

Figura 17- A, B e C) Fotografia de dentes sujeitos a 900°C.....	36
Figura 18– A) Rx antes da ação de temperatura (A ₁ ,B ₁) e após a ação de temperatura (A ₂ ,B ₂) com restauração de ionómero de vidro, a 900°C.....	37
Figura 19- A e B) Fotografia de dente anterior com restauração com resina antes (A ₁ ,B ₁) e depois (A ₂ , B ₂) de ser sujeito a 600°C.....	38
Figura 20- Fotografia de dente anterior (A) e posterior (B) com restauração com resina composta antes e depois de ser sujeito a 900°C.....	39
Figura 21- Fotografia de dentes anterior (A) e posterior (B) com restauração a resina sujeito aos 1100°C.....	40
Figura 22- Rx após da ação da temperatura em dentes anterior e posterior sujeitos a 1100°C.	41
Figura 23- Fotografia dos dentes com restauração em amálgama sujeitos a 600°C.....	42
Figura 24- Fotografia do dente com restauração a amálgama sujeito a 900°C.....	43
Figura 25- Fotografia do dente com restauração a amálgama sujeita a 1100°C.....	44
Figura 26- Radiografia do dente restaurado a A) 600°C, B) a 1100°C.....	45

Índice de Quadro

Quadro 1- Distribuição dos dentes por patamares de temperaturas.....	22
--	----

1. INTRODUÇÃO

1.1 MEDICINA DENTÁRIA FORENSE

A Medicina Dentária Forense constitui uma área essencial das Ciências Forenses, particularmente no que concerne à prática pericial nos mais variados eventos de natureza criminal, actuando numa multiplicidade de situações, como o reconhecimento da identidade em cadáveres, identificação de vítimas e agressores, e avaliação e reparação de dano corporal, entre outros. ⁽¹⁾

A Medicina Dentária Forense foca-se em recolher indícios e evidências na cena do crime, aplicando métodos de identificação humana na vítima ou nos supostos autores do facto. ^(2,3)

As vítimas podem-se encontrar em diferentes estados ou mostrar diversas alterações, como o estado de descomposição, mumificação, adipocera e esqueletização (restos totalmente esqueletizados). ⁽³⁾

1.1.1 Métodos de Identificação Forense

A identificação de cadáveres severamente mutilados, carbonizados, ou em avançado estado de putrefacção ou redução esquelética requer aplicação de técnicas médico-dentárias, que permitam o esclarecimento da causa de morte ou a identificação do indivíduo, mediante o estudo de diversas características orais. ⁽⁴⁾

Os métodos de identificação utilizados podem ser divididos em métodos comparativos e métodos reconstrutivos, dependendo da forma utilizada para proceder à identificação do cadáver. Ambos os métodos requerem uma avaliação sistemática da cavidade oral no cadáver, com identificação e caracterização dos tratamentos existentes.

O método Comparativo consiste na comparação dos dados e registos dentários antemortem com os obtidos postmortem. ⁽⁵⁾

Para a sua utilização é fundamental ter acesso a informação antemortem do sujeito sendo que a História Clínica Dentária, oferece um excelente registo dos tratamentos realizados, os quais são extremamente úteis para a identificação humana. O odontograma constitui um documento de trabalho que geralmente se inclui na História Clínica Dentária, no qual o dentista regista, mediante símbolos, o número de peças dentárias presentes e ausentes, as restaurações e os materiais empregues na sua confecção, assim como as faces dentárias envolvidas. ⁽⁶⁾

Na História Clínica Dentária são também registadas eventuais reabilitações protéticas e quaisquer outros tratamentos dentários realizados. O exame clínico dentário inclui, na grande maioria dos casos, um exame radiográfico complementar que se revela de uma utilidade extrema em casos forenses, revelando a existência de tratamentos endodônticos, cáries interproximais e/ou patologias periapicais. ⁽⁷⁾

.A verificação da identidade de vítimas que sofreram a ação da temperatura reveste-se de uma complexidade aumentada, dependendo das condições da evidência postmortem e da quantidade e qualidade da informação antemortem. ⁽⁸⁾

As comparações mais frequentes realizam-se a partir de tratamentos dentários existentes, aspetos morfológicos dentários característicos, variações patológicas individuais e, pode até envolver a obtenção de DNA da polpa em dentes que não tenham sido afectados pelas altas temperaturas. ^(9,10,11,12,13,14)

O método reconstutivo é utilizado principalmente em cadáveres em estado avançado de decomposição, cadáveres carbonizados, ou restos esqueletizados, em que equipas especializadas constituídas por médicos dentistas e antropólogos promovem a recolha de dados e constroem um perfil do indivíduo indicando elementos básicos de identificação como o sexo, idade, estatura, afinidade populacional, podendo mesmo recorrer a técnicas de reconstrução facial. ⁽¹⁵⁾

1.1.2 Identificação de vítimas de fogo

A exposição dos seres vivos a um incêndio pode produzir danos muito graves, podendo até resultar na morte, geralmente por inalação de fumo ou por asfixia produzida decorrente dessa intoxicação e queimaduras. ⁽¹⁶⁾

As queimaduras corporais classificam-se em cinco categorias ou graus; o primeiro grau caracteriza-se por queimaduras superficiais, o segundo grau caracteriza-se pela observação de áreas da epiderme destruída, no terceiro grau verifica-se a destruição da epiderme e da derme e áreas de necrose nos tecidos subjacentes. O quarto grau inclui a destruição total da pele e tecidos profundos e no quinto grau verifica-se a destruição de todos os tecidos e consequente aparecimento de restos cremados. ⁽¹⁷⁾

Em casos onde ocorre a ação da temperatura, a medicina dentária forense apresenta um papel fundamental na recuperação, seleção, classificação das vítimas e cujo estudo culmina com a sua identificação. ⁽¹⁸⁾

O fogo é uma reação química exotérmica, com libertação de luz e calor, onde intervêm três elementos (combustível, calor e oxigénio) conhecidos como o triângulo do fogo. ⁽¹⁸⁻¹⁹⁾ O calor é o elemento mais importante do produto da combustão para a propagação do fogo, permitindo que outros materiais emitam vapores inflamáveis que combinados com oxigénio formam uma mistura explosiva. ⁽²⁰⁾

A combustão, conforme demonstrou Lavoisier em 1787, não é mais que um processo de oxidação, isto é, uma reação mediante a qual um elemento se combina com outro atingindo um grau de oxidação maior. ⁽²⁰⁾

Assim, é possível inferir que a natureza de cada combustão é própria da mesma e dependente de fatores intrínsecos a esta. De forma exemplificativa: pode ser rápida e violenta em que elevadas temperaturas são rapidamente atingidas; pode ser igualmente violenta, mas com tempo de atuação mais longo, em que as temperaturas são atingidas num maior intervalo temporal e a extinção decorre também em períodos mais longos. ⁽²¹⁾

As temperaturas atingidas num incêndio variam em função das circunstâncias em que ocorre e do local onde ocorre, sendo o comburente (agente oxidante) limitado em ambientes fechados (ex. fornos, interior de um veículo, edifícios incendiados), e dependente, em ambientes abertos, da limitação de combustível existente (ex. ar livre, incêndios florestais).⁽²²⁻²³⁾

Um incêndio florestal pode atingir temperaturas entre os 280°C e os 400°C, dependendo da quantidade e tipo de material combustível e das condições de humidade do ar, e pode até atingir de forma violenta os 1200°C durante um período máximo de 5 minutos.⁽²²⁻²³⁾

Já o fogo numa habitação ou o fogo doméstico, ascende lentamente a temperaturas entre os 650°C e 700°C, com pouca duração do pico máximo e rápida difusão para as áreas vizinhas até à exaustão de todo o comburente (agente oxidante).⁽²⁴⁾

Os incêndios com combustíveis químicos, geralmente de etiologia não natural, como os que ocorrem em viaturas automóveis e aviões, são do tipo violento e atingem milhares de graus quando é elevada a quantidade de combustível existente.⁽²⁵⁾

Existem ainda situações onde a utilização de líquidos inflamáveis, como querosene ou gasolina, diretamente sobre corpos com o fim de acelerar a sua destruição, irá originar alguma irregularidade na carbonização, com severidade desproporcional entre os diversos segmentos corporais.⁽²⁶⁾

Em caso de exposição a altas temperaturas, as peças dentárias, bem como os corpos estranhos que fazem parte deles como restaurações e/ou reabilitações protéticas, vão estar protegidos por tecidos moles como a musculatura facial e língua. Como efeito do aumento da temperatura corporal são expulsados gases oriundos do intestino e do estômago, provocando a projeção da língua e contração dos músculos mastigatórios. Desta forma, a porção coronária será a primeira a ser exposta e a sofrer as consequências decorrentes da ação da temperatura, seguida da porção radicular exposta, quando o tecido ósseo é consumido pela ação da chama.⁽²⁷⁻²⁸⁾

No mesmo indivíduo podem ocorrer alterações estruturais distintas, consoante a localização da estrutura dentária, sendo que os dentes anteriores podem caracterizar, de alguma forma, a ação da elevada temperatura, o que pode não ocorrer com os dentes posteriores, que se encontram mais protegidos da ação da chama.⁽²⁹⁻³⁰⁾

1.2 ESTRUTURA DENTÁRIA

Macroscopicamente, podemos considerar no dente duas porções distintas: coroa (porção livre e em contacto com o meio oral), e a raiz (parte do dente que se insere e se fixa no osso alveolar), sabendo que mesmo atendendo às variações consideráveis de forma e de tamanho dentários, a sua estrutura histológica é a mesma.⁽³¹⁾

O eixo estrutural de cada elemento dentário é constituído por um tecido conjuntivo mineralizado, que se chama dentina. Esta raramente fica exposta ao meio bucal, uma vez que se encontra revestida na região coronal pelo esmalte, que corresponde a um tecido extremamente mineralizado de origem ectodérmica. Na região radicular está também protegida por outro tecido mineralizado, designado por cemento que apresenta uma natureza conjuntiva.⁽³¹⁾

O cemento, juntamente com o ligamento periodontal e o osso alveolar, forma o periodonto, unidade responsável pela ancoragem dos dentes aos alvéolos dentários. Existe ainda outra unidade estrutural e funcional, designada por complexo dentinopulpar que é constituído pela dentina e pela polpa dentária. A polpa corresponde a um tecido conjuntivo laxo que se aloja no interior da dentina.⁽³¹⁻³²⁾

O esmalte apresenta uma componente inorgânica de 96%, constituída por sais de cálcio e fósforo sendo a hidroxiapatite o seu principal componente. A componente orgânica é de 1 a 2% e a percentagem de água presente é de 3 a 4%.⁽³³⁻³⁴⁾

A dentina constitui o corpo dentário e reproduz a forma de cada tipo de dente. A sua composição inorgânica, apresenta 70% de sais de cálcio e fósforo sob a forma de

cristais de hidroxiapatite, e composição orgânica igual a 18%, sendo esta representada por glicoproteínas e colágeno. A água está presente numa taxa de 12%.⁽³³⁾

O aumento de temperatura no esmalte altera a organização dos cristais de hidroxiapatite aumentando a sua coesão, e provocando, consequentemente uma contração térmica, o que gera o aparecimento inicial de fissuras que ocasionam a posterior fractura. A dentina, que apresenta um elevado conteúdo orgânico e de água, sofre uma alteração volumétrica considerável quando exposta a altas temperaturas, ocasionando a sua separação do esmalte através da região cervical.⁽³³⁻³⁴⁾

Os danos causados pelo fogo no esmalte dentário, nomeadamente na superfície vestibular, pode variar desde uma leve coloração até à sua total carbonização ou destruição. O esmalte dentário pode sofrer uma “explosão”, originando um conjunto de fragmentos ou sofrer uma separação total da dentina subjacente (como uma concha que mantém a sua integridade). Este fenómeno pode ser explicado pela presença de água nos túbulos dentinários que, ao alcançar o ponto de ebulição, provoca pressão e, consequentemente, a separação ou explosão descontrolada do esmalte, dependendo da exposição gradual ou repentina ao calor intenso.⁽³⁵⁾

As modificações estruturais do esmalte relacionadas com as elevadas temperaturas são importantes uma vez que este tecido mineral resiste bem ao calor, mas devido à sua natureza prismática torna-se frágil a temperaturas acima dos 400 °C.⁽³⁵⁾

1.3 MATERIAIS DENTÁRIOS

O principal objetivo da medicina dentária atual é o de preservar estrutura dentária, prevenindo e tratando a patologia cariosa que envolve frequentemente as peças dentárias presentes na cavidade oral. Com o passar dos anos têm vindo a ser aprimorados os materiais dentários utilizados pelos médicos dentistas para restabelecer

a estrutura dentária perdida, tendo em vista não só o restabelecimento da função mastigatória mas também a forma e cor do dente restaurado. (32, 33)

O amálgama é obtido pela mistura entre uma liga metálica e o mercúrio. A composição da liga metálica consiste numa combinação de vários metais, a Prata (67-70%), o Estanho (25-27%), o Cobre (até 6% nas ligas convencionais e até 30% nas ligas com alto teor de cobre), o Zinco (até 2%), entre outros. A mistura da liga e do mercúrio resulta numa massa plástica que pode ser condensada dentro da cavidade preparada no dente, resultando num material de alta resistência, porém, devido à sua coloração escura, o uso deste material fica limitado a dentes posteriores, onde a necessidade estética é menor. (36)

A resina composta é o material restaurador que reúne as melhores propriedades estéticas, por esse motivo é o material mais utilizado na restauração direta de dentes anteriores e também de dentes posteriores, quando existir necessidade estética. As resinas compostas são formadas por diversos monómeros que, quando polimerizados, as tornam sólidas. É composto basicamente por uma matriz orgânica (Bis-GMA ou bisfenolglícildimetacrilato; UDMA ou uretano dimetacrilato; TEGDMA trietilenoglicoldimetacrilato), carregado de partículas inorgânicas de vidro (bário, boro, zinco, quartzo, sílica, etc.) e um agente de união ou silano. (37)

Os cimentos de ionómero de vidro são constituídos basicamente por um pó de vidro de alumínio silicato. Com alto teor de fluoretos e um líquido, que é um ácido poliacrílico com alguns aditivos como os ácidos tartárico e itacónico, que reagem quimicamente ou quando expostos a uma fonte de luz de comprimento específico, resultando num material duro. (38) Então indicados em restaurações como cáries radiculares, restaurações em túnel, e restaurações provisórias de longa duração em dentição decídua e permanente.

Por tal razão, o entendimento das mudanças físicas macroestruturais que ocorrem nos tecidos dentários (esmalte, dentina e cemento) e nos materiais de restauração (amálgama, resina composta e ionómero de vidro) quando submetidos a altas

temperaturas (600°C, 900°C e 1100°C) poderá, eventualmente, contribuir na avaliação de restos humanos queimados, carbonizados ou incinerados, de forma a determinar que tipos de tratamentos dentários existiam na boca e quais os biomateriais dentários com que se elaboraram. Este análise permitirá a aplicação de método de identificação comparativo, utilizando como termo de comparação os dados presentes na história clínica.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Observar as alterações macro estruturais e radiográficas dos tecidos dentários e dos materiais de restauração dentária utilizados na atualidade, ao serem submetidos a diferentes temperaturas.

Verificar a capacidade das alterações observadas serem utilizadas a nível da identificação forense, nomeadamente em casos de cadáveres queimados, carbonizados ou incinerados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDO

Este é um estudo experimental in vitro sobre o comportamento da ação de altas temperaturas nos tecidos dentários (esmalte, dentina e cimento) e de alguns materiais dentários (ionómero de vidro, resina composta e amálgama).

3.2 AMOSTRA

Para a realização deste estudo experimental in vitro, utilizaram-se diferentes tipos de peças dentárias como incisivos, caninos, pré-molares e molares. As amostras utilizadas obtiveram-se na Clínica Dentária Universitária da Universidade Católica Portuguesa e foram extraídas por motivos periodontais. Foram recolhidas 36 peças dentárias, organizadas em três grupos diferentes de acordo com o material de restauração. A cada grupo corresponderam 12 peças dentárias.

Uma vez extraídas as peças dentárias, foram lavadas com água corrente, não estéril, com o intuito de eliminar restos de sangue e potenciais resíduos. Posteriormente os dentes foram colocados em recipientes com solução de soro fisiológico a 0.9%, de forma a promover a sua conservação e constante hidratação.

As peças dentárias recolhidas foram revestidas com revestimento de fosfato (*Feguravest*® M, *Feguramed*, Germany) desde o terço cervical até o terço apical, permitindo desta forma que a raiz do dente ficasse incluída no material e a coroa no seu exterior.



Figura 1- Revestimento de fosfato (*Feguravest*® M, *Feguramed*, Germany).

3.3 PREPARAÇÃO DAS CAVIDADES

Os elementos dentários foram separados em 3 grupos e receberam preparações dentárias para restaurações diretas, obedecendo aos princípios gerais estabelecidos por Black em 1908, quando criou protocolos para as restaurações e reuniu as cavidades conforme a localização em que se apresentavam no dente. Os dentes que receberam preparações dentárias classe I foram restaurados com compósito, amálgama e ionômero de vidro e os dentes que receberam preparações dentárias classe II foram restaurados com amálgama. Foram realizadas com uma turbina (*Nsk*®, *Pana-max*, *Nakanishi Inc Germany*) e com brocas de diamante grão médio e fino (*Diatech*®, *Coltene*, *Suiza*), em forma de pêra.

Uma vez realizada a cavidade, limpou-se cada uma das peças dentárias utilizando uma escova profilática com pasta de polimento. (*R&S®, Cfp, France*). Posteriormente foram desinfetadas mediante o uso de Clorexidina a 2%.

3.4 AMÁLGAMA

A amálgama utilizada foi uma liga convencional, (*Ventura ng cap®, Madespa S.A, Espanha*) apresentada sob a forma de cápsula auto-activáveis. É uma liga de alto teor de cobre com uma mistura de partículas esféricas irregulares (prata: 40,5%; estanho: 31,90%; cobre: 27,60%) e mercúrio.

Dentes que receberam preparos dentários classe I e II foram restaurados com amálgama dentária. Após efetuada a cavidade foram regularizadas as paredes com uma broca diamantada de cone invertido. Uma vez preparada e desinfetada a cavidade, procedeu-se à activação da cápsula de amálgama no respectivo vibrador durante 14 segundos. Terminando o periodo de vibração, a cápsula foi aberta e o seu conteúdo colocado num godé de vidro. Através da utilização de um porta-amálgama, o material foi colocado na cavidade, através da inserção de sucessivas porções. Por último foi conferida a correta anatomia, com os instrumentos adequados, tais como o condensador de Hollembach e o brunidor de Bennett.

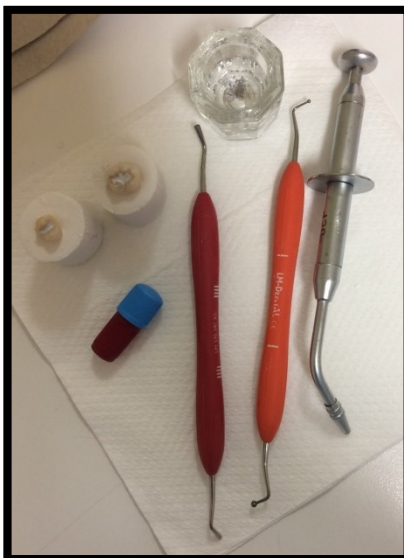


Figura 2- Preparação dentárias com amálgama.

3.5 RESINA COMPOSTA

Foi utilizada a resina composta *Synergy D6® da marca Coltene*, cor A2/B2.

Uma vez desinfetada a cavidade, foi utilizado o protocolo adesivo: primeiramente foi efetuado o acondicionamento através da colocação de ácido ortofosfórico a 37% (*Etchant Gel® Coltene, suíça*), por um período de 15 segundos. Lavou-se com água abundante e a cavidade foi seca com recurso a bolas de algodão estéreis.

Posteriormente colocou-se o adesivo na cavidade (*Excite® F, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein*) com o auxílio de um microbrush. Foi utilizada a seringa ar/água, com o intuito de espalhar uniformemente o adesivo - aplicando um fluxo indireto de ar por 5 segundos para que o adesivo penetrasse nos túbulos dentinários. Por fim foi utilizado o fotopolimerizador (*Curing Light® LED.H, Guillin Woodpecker Medical Instrument, China*)

durante 30 segundos. O material foi colocado na cavidade através da técnica incremental, com sucessivas porções e foi conferida a correta anatomia, com recurso aos instrumentos adequados.

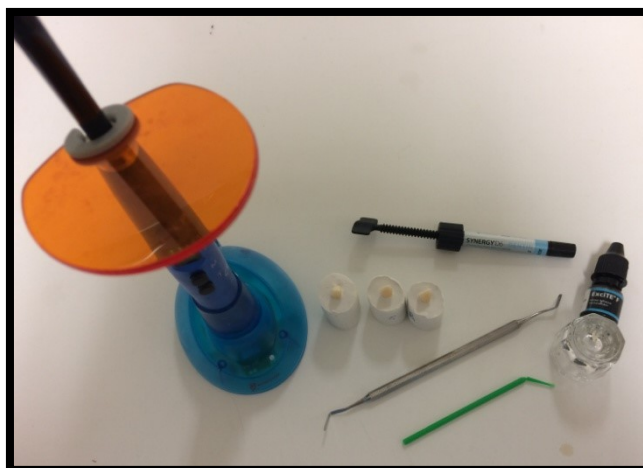


Figura 3- Preparação com Resina Composta (*Synergy D6®*, *Coltene, Suíça*), cor A2/B2, adesivo (*ExciTE® F*, *Ivoclar vivadent, Liechtenstein*).

3.6 IONÓMERO DE VIDRO

Utilizou-se ionómero de vidro em cápsulas auto polimerizáveis (*Ketac™® Fil Plus Aplicap™*, *3M Espe, Germany*) cor A2. Uma vez desinfetadas as cavidades, realizou-se a mistura de acordo com as indicações do fabricante e a cavidade previamente executada foi preenchida pelo material restaurador.



Figura 4- Ionómero de vidro (*KetacTM® Fil Plus AplicapTM, 3M Espe, Germany*) cor A2.

Todas as peça dentárias após serem devidamente restauradas, de acordo com o grupo em que estão inseridas, foram radiografadas com uma radiografia periapical.

Posteriormente os dentes restaurados foram novamente divididos em 3 grupos de acordo com a temperatura a que foram sujeitos (600°C, 900°C e 1100°C) (Quadro 1).

Quadro 1- Distribuição dos dentes por patamares de temperaturas.

Temperatura	Grupo 1 Amalgama	Grupo 2 Resina Composta	Grupo 3 Ionómero de vidro
600°C	4	4	4
900°C	4	4	4
1100°C	4	4	4

3.7 APLICAÇÃO DE ALTAS TEMPERATURAS

As peças dentárias foram submetidas à ação da temperatura dentro de um forno tipo mufla (*Forno Ovmat 7 ®, Manfredi, Italy*), previamente calibrado à temperatura de 600°C, com uma duração de 15 min, sendo o mesmo procedimento realizado para as temperaturas de 900°C e 1100°C. Terminado o tempo de atuação das temperaturas previamente estabelecidas, retiraram-se os dentes do forno e esperou-se o seu arrefecimento até alcançar a temperatura ambiente. As peças dentárias foram revestidas com laca para o cabelo, com o objetivo de conferir alguma resistência e facilitar a sua manipulação para observar as alterações nos tecidos e materiais dentários macroscopicamente.



Figura 5- *Forno Ovmat 7®*, Manfredi, Italy.

3.8 OBSERVAÇÃO

Um examinador observou e descreveu as mudanças macroestruturais dos tecidos e materiais dentários mediante a visualização direta da amostra, apoiado por imagens digitais obtidas numa máquina fotográfica digital (*Canon-Rebel XSI®*) com uma resolução de 12.2 megapixel, com flash circular (*Macro Ring Lite ® YN-14EX*) e radiográficas através de radiografias do tipo periapical.



Figura 6- Máquina fotográfica digital com flash circular.

4. RESULTADOS

No presente estudo realizou-se a análise macroscópica e radiográfica, através da comparação das fotografias e radiografias iniciais com as finais, após as peças dentárias terem sido submetidas a temperaturas elevadas. Foram observadas as alterações sofridas nos tecidos dentários, bem como nos materiais de restauração após exposição a temperaturas elevadas.

4.1 DADOS INICIAIS

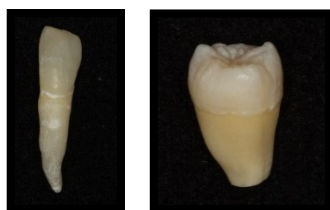


Figura 7- Fotografia do dente hígido 31 e do dente 18.

Macroscopicamente, num dente hígido, pode observar-se o esmalte translúcido, apresentando este uma coloração branca/cinza azulado. A dentina apresenta uma coloração mais amarelada, sendo essa coloração dependente da sua espessura. (Figura 7)

A nível radiográfico observaram-se diferentes radiopacidades características dos tecidos duros do dente - esmalte, dentina e cemento. A dentina e o cemento possuem uma menor radiopacidade, pelo que apresentam uma imagem radiográfica mais escura, sendo que o esmalte é o tecido que apresenta uma maior radiopacidade apresentando uma imagem radiográfica mais branca. Existe ainda uma região central radiolúcida correspondente à câmara pulpar. (Figura 8)

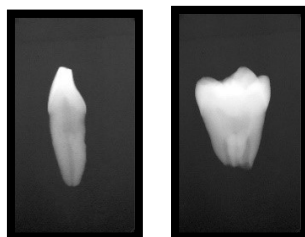


Figura 8- Radiografia do dente hígido 31 e do dente 18.

4.2 MUDANÇAS NOS TECIDOS DENTÁRIOS

Macroscopicamente aos 600°C:

Após submetido o dente a 600°C, a coroa tornou-se opaca, com um tom cinzento claro, contudo apresentando manchas castanhas a nível do esmalte. Quanto à dentina, numa localização mais externa apresentou-se num tom cinzento intenso com manchas negras e castanhas associadas ao início da incineração com fissuras longitudinais, porém a nível mais interno esta possuía uma cor totalmente negra e intensa. Foi verificada a separação entre o esmalte e a dentina. Relativamente ao cimento, tal como a dentina mais superficial, também se verificou a existência de fissuras longitudinais e uma coloração castanha com pigmentos negros opacos. (Figura 9) Não foram verificadas diferenças entre dentes anteriores e posteriores.

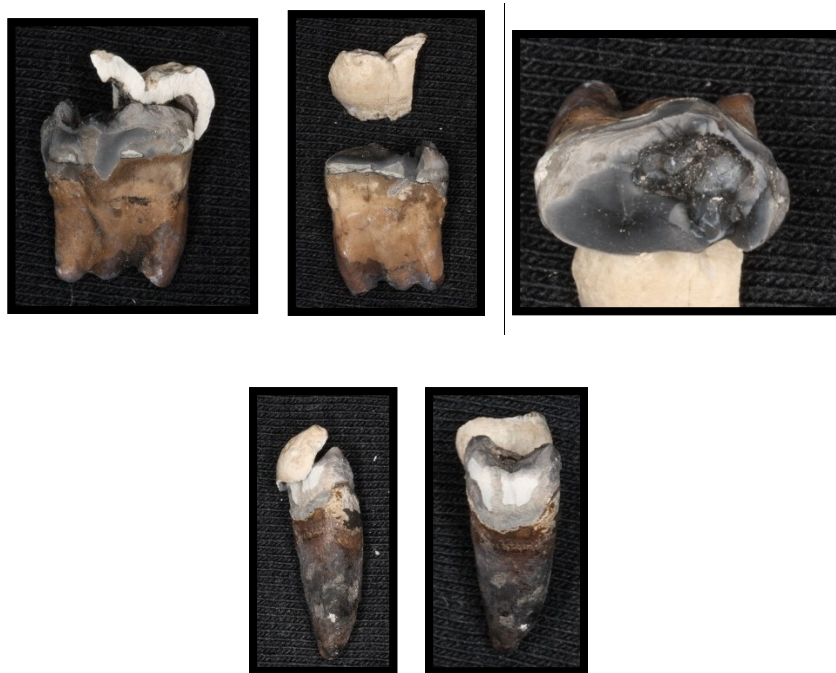


Figura 9- Fotografia do dente hígido sujeito a 600°C

Radiograficamente:

Após a incineração o esmalte foi observado radiograficamente. Na dentina foram encontradas inúmeras linhas radiolúcidas compatíveis com as fissuras observadas macroscopicamente. Foi verificada a separação entre o esmalte e a dentina. Relativamente à porção radicular do dente, observaram-se zonas radiolúcidas correspondentes a fraturas radiculares. (Figura 10)

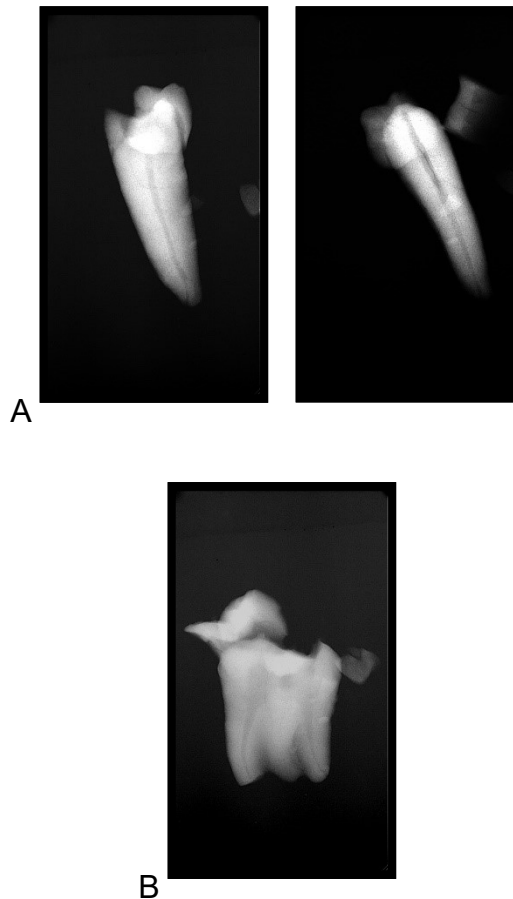


Figura 10- A e B) Radiografia aos 600°C.

Macroscopicamente aos 900°C:

Seguidamente procedeu-se à incineração das estruturas dentárias, atingindo os 900°C, o que levou a que o esmalte se tornasse branco, contudo ainda com algumas manchas negras, derivadas da carbonização. Nesta fase já foi notória uma separação demarcada entre a dentina e o esmalte uma vez que a dentina apresentava uma cor branca giz. Por fim, o cemento tornou-se branco azulado com fissuras longitudinais e transversais podendo estas co-existir com fraturas radiculares. (Figura 11)

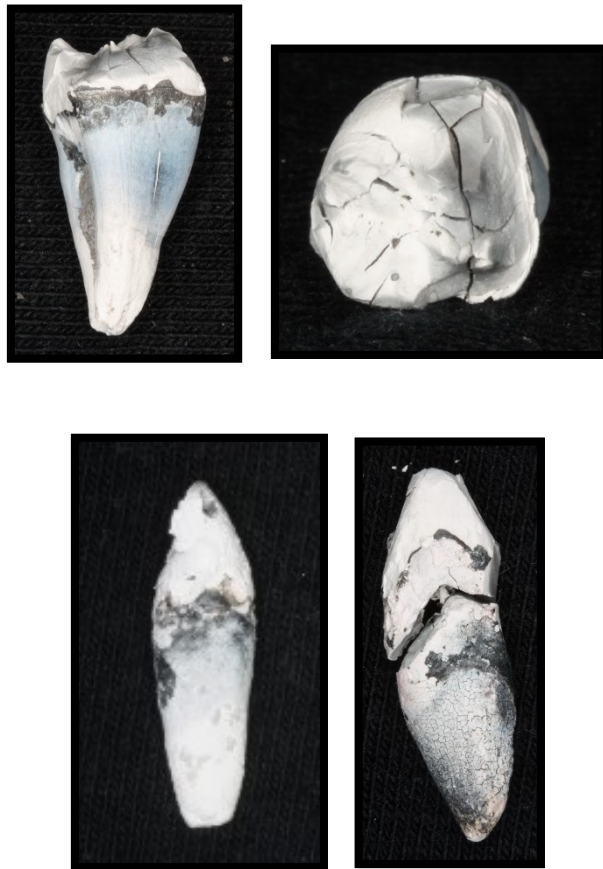


Figura 11- Fotografia do dente sujeito a 900°C.

Radiograficamente:

Verificou-se descontinuidade no esmalte, devido às fraturas existentes e a alteração da integridade estrutural do mesmo. A dentina coronal e radicular observou-se repleta de linhas radiolúcidas compatíveis com fraturas longitudinais e transversais. Em dentes multiradiculares observou-se ainda uma ampla linha radiolúcida atravessando a furca, uma vez que estas regiões fraturaram. (Figura 12)

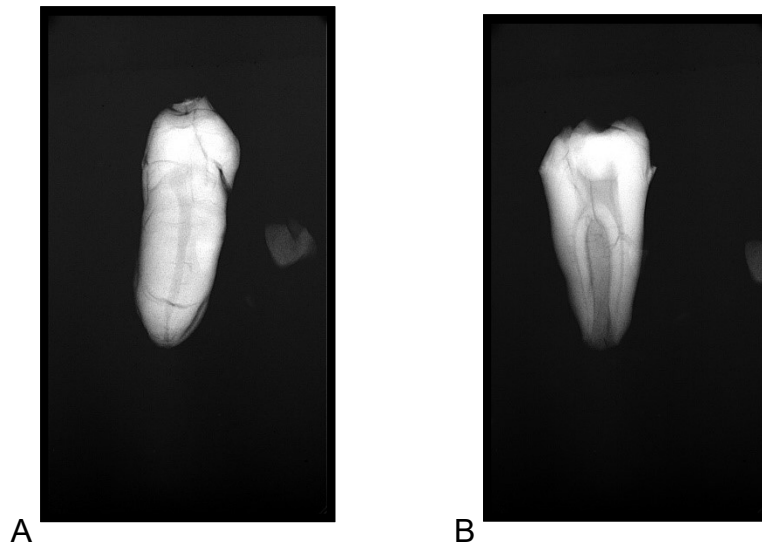
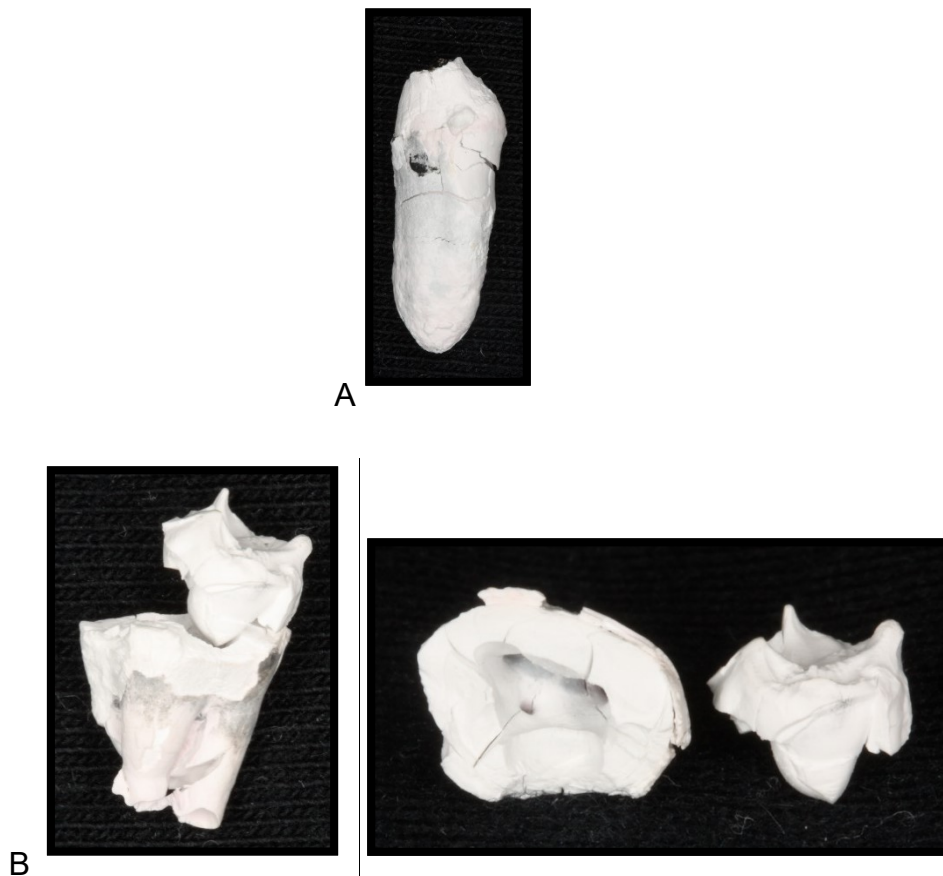


Figura 12- A e B) A dentina coronal e radicular observou-se repleta de linhas radiolúcidas compatíveis com as fraturas longitudinais e transversais.

Macroscopicamente aos 1100°C:

Na temperatura mais elevada, ocorreu fragmentação dos dentes e total separação do esmalte, levando por sua vez a uma exposição integral da dentina. No entanto o cimento apresentou a mesma coloração branca. Toda esta fragmentação da estrutura dentária levou à exposição da câmara pulpar, verificando-se assim a calcinação da polpa. O teto da câmara pulpar apresentou uma tonalidade branca giz, com fissuras transversais internas da dentina, prosseguindo mesmo até à dentina radicular e cimento. (Figura 13)



| Figura 13- Fotografia dos dentes sujeito a 1100°C com evidente exposição da câmara pulpar.

Radiograficamente:

A nível radiográfico, os dentes apresentaram uma fragmentação dentinária; porém, alguns mantiveram a integridade da dentina coronal apesar de terem perdido totalmente o esmalte, uma vez que ocorreu a separação amelodentinária e posterior fragmentação do esmalte. Na dentina coronal remanescente observou-se uma rede de linhas radiolúcidas compatíveis com microfraturas. (Figura 14)

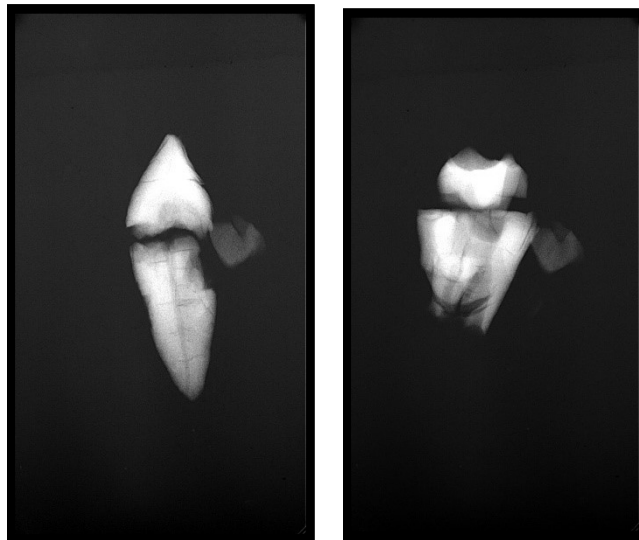


Figura 14- Radiografia de dentes hígidos sujeitos a 1100°C.

4.3 MUDANÇAS NOS MATERIAIS DENTÁRIOS

Ionómero de vidro:

Macroscopicamente aos 600°C:

A nível macroscópico revelou-se impossível observar as alterações verificadas neste material de restauração, independentemente da temperatura à qual foi sujeito, uma vez que este não foi possível de ser observado. Apesar de não se terem observado alterações macroscópicas aos 600°C, procedeu-se à incineração a 900°C.(Figura 15)

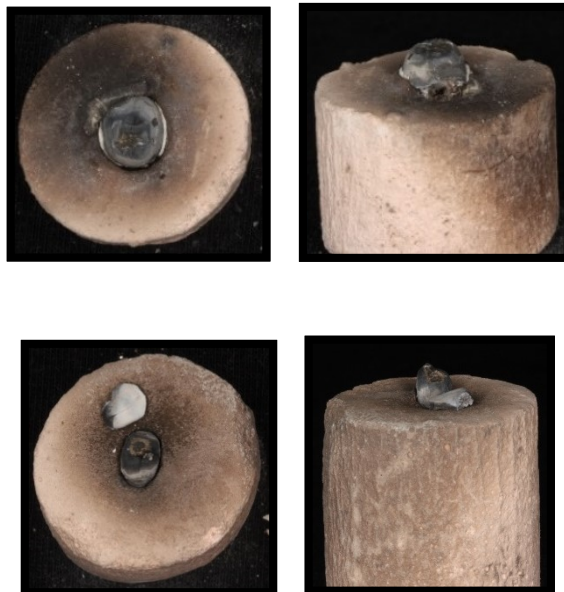


Figura 15- Fotografia de dentes sujeitos a 600°C.

Radiograficamente:

Aos 600°C:

Nos dentes anteriores evidenciou-se uma imagem radiopaca compatível com o material restaurador, porém verificou-se a redução da coroa em diversos fragmentos. Contrariamente, nos dentes posteriores não se evidenciou uma imagem compatível com material restaurador uma vez que ocorreu a rotura total da coroa dentária. (Figura 16)

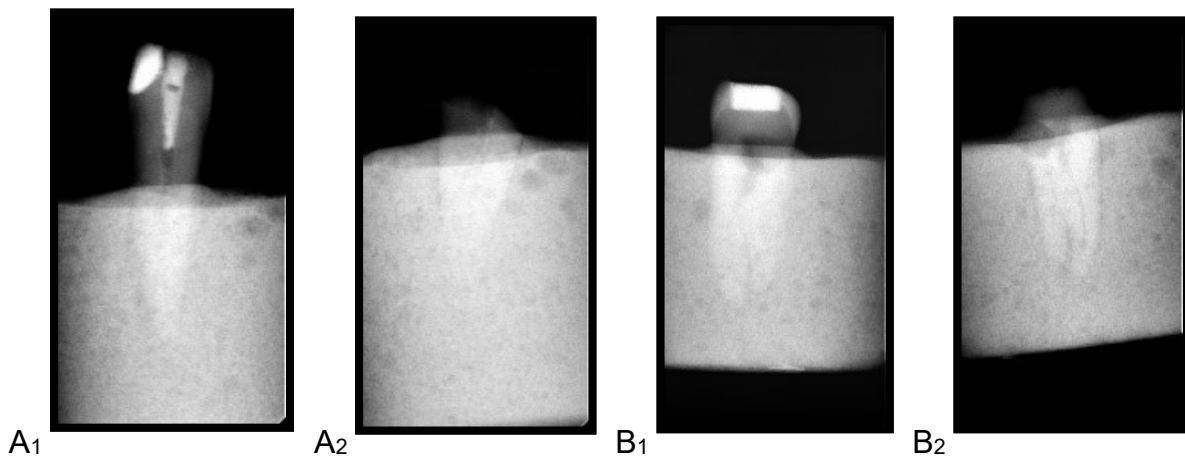


Figura 16– A) Rx antes da ação de temperatura (A₁,B₁) e após a ação de temperatura (A₂,B₂) com restauração de ionómero de vidro, a 600°C

Macroscopicamente aos 900°C:

A nível macroscópico a 900°C revelou-se impossível a observação deste material de restauração, tanto a nível de dentes posteriores como de anteriores. Consequentemente este material não foi sujeito à temperatura de 1100°C. (Figura 17)

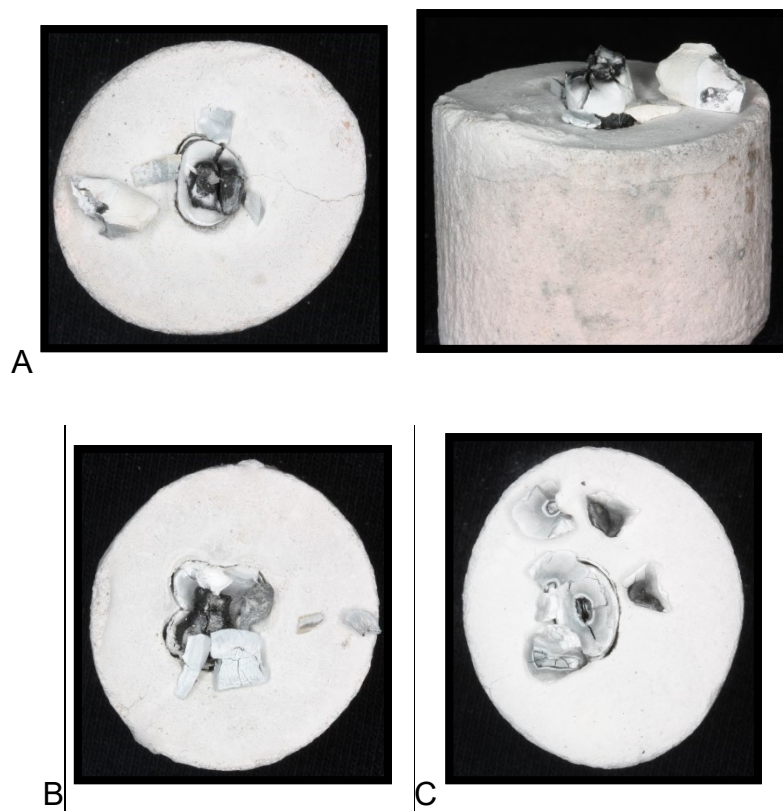


Figura 17- A, B e C) Fotografia de dentes sujeitos a 900°C.

Radiograficamente:

Aos 900°C:

A nível radiográfico revelou-se impossível observar qualquer imagem compatível com o material restaurador - ionómero de vidro-, uma vez que existiu destruição total da coroa. Não foram verificadas alterações entre dentes anteriores e posteriores. (Figura 18)



Figura 18– A) Rx antes da ação de temperatura (A₁,B₁) e após a ação de temperatura (A₂,B₂) com restauração de ionómero de vidro, a 900°C

Resina Composta:

Macroscopicamente aos 600°C:

A coloração da resina tornou-se num cinzento muito escuro, com fissuras, levando à separação da restauração na maioria dos dentes. Observaram-se também manchas negras brilhantes na zona marginal da resina. (Figura 19)

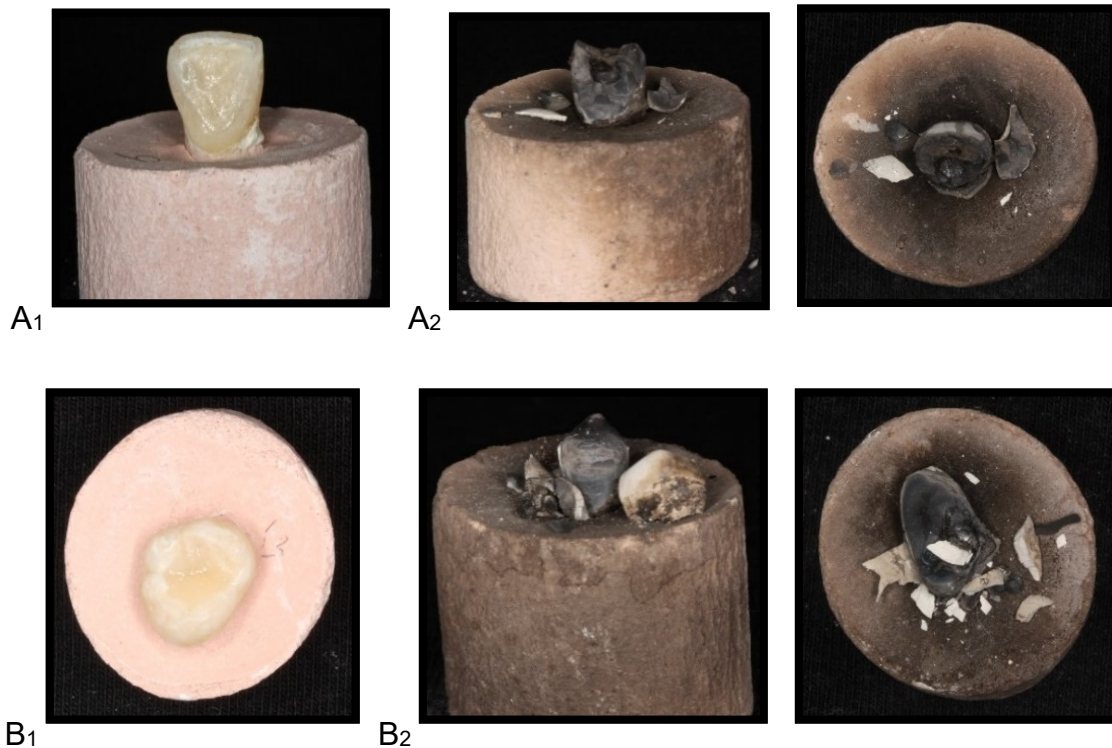


Figura 19- A e B) Fotografia de dente anterior com restauração com resina antes (A₁,B₁) e depois (A₂, B₂) de ser sujeito a 600°C.

Macroscopicamente aos 900°C:

Verificou-se que a resina incinerou na sua totalidade, atingindo uma coloração branca-dourada, sendo que na maioria da amostra ocorreu separação da restauração relativamente ao respetivo dente. Em cerca de metade dos dentes ocorreu a transformação em pó do esmalte, sendo que a dentina se manteve íntegra na estrutura dentária. (Figura 20)

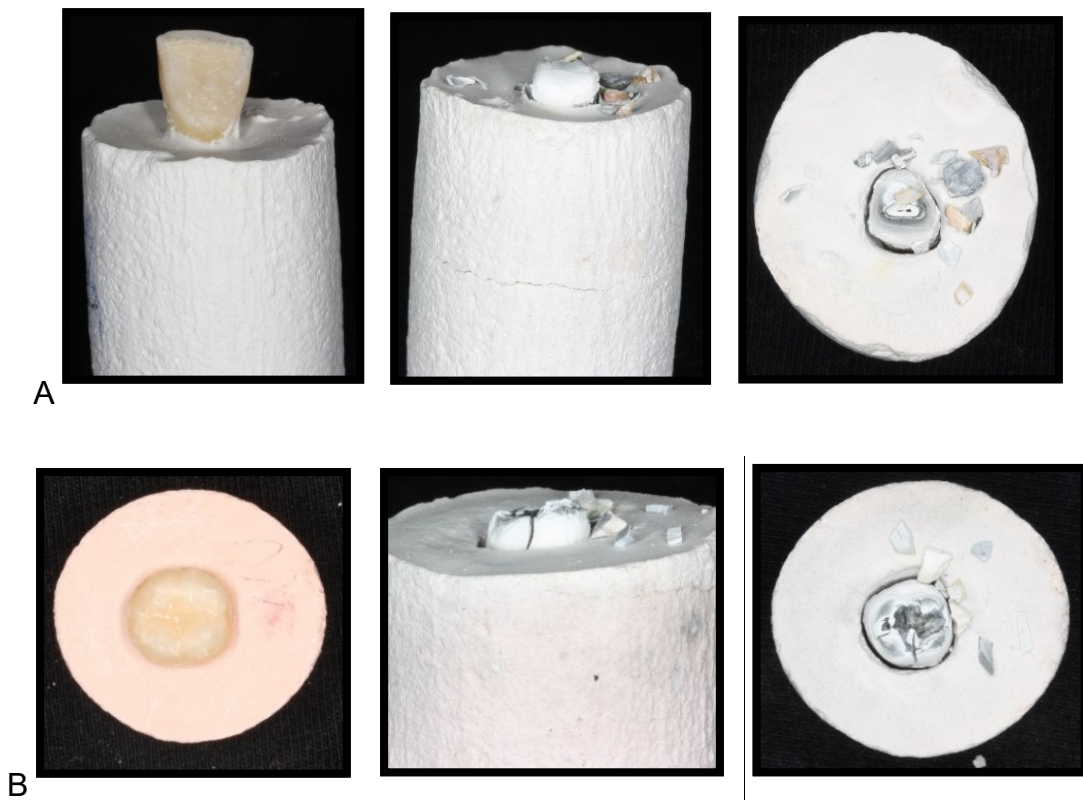


Figura 20- Fotografia de dente anterior (A) e posterior (B) com restauração com resina composta antes e depois de ser sujeito a 900°C.

Macroscopicamente aos 1100°C:

Aos 1100°C verificou-se a fragmentação da coroa e a transformação do esmalte em pó na totalidade dos dentes analisados a esta temperatura. Todavia a resina manteve características semelhantes ao descrito na temperatura inferior, ou seja coloração cinzenta clara e dourada, coloração ligeiramente mais escura que a verificada a 900°C. Em 50% dos dentes observados houve exposição da cavidade pulpar, não se encontrando qualquer resíduo da polpa dentária. (Figura 21)

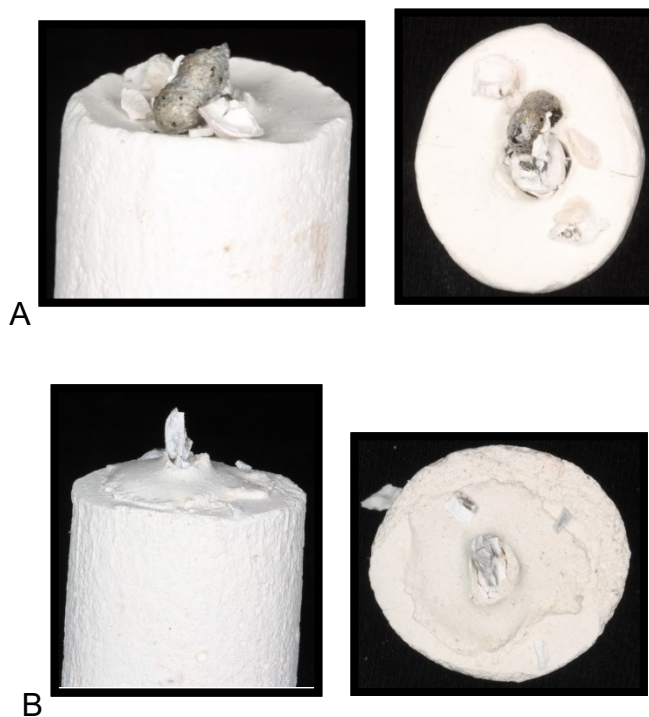


Figura 21- Fotografia de dentes anterior (A) e posterior (B) com restauração a resina sujeito aos 1100°C.

Radiograficamente:

Aos 600°C, 900°C e 1100°C não se evidenciou qualquer imagem compatível com o material restaurador. (Figura 22)

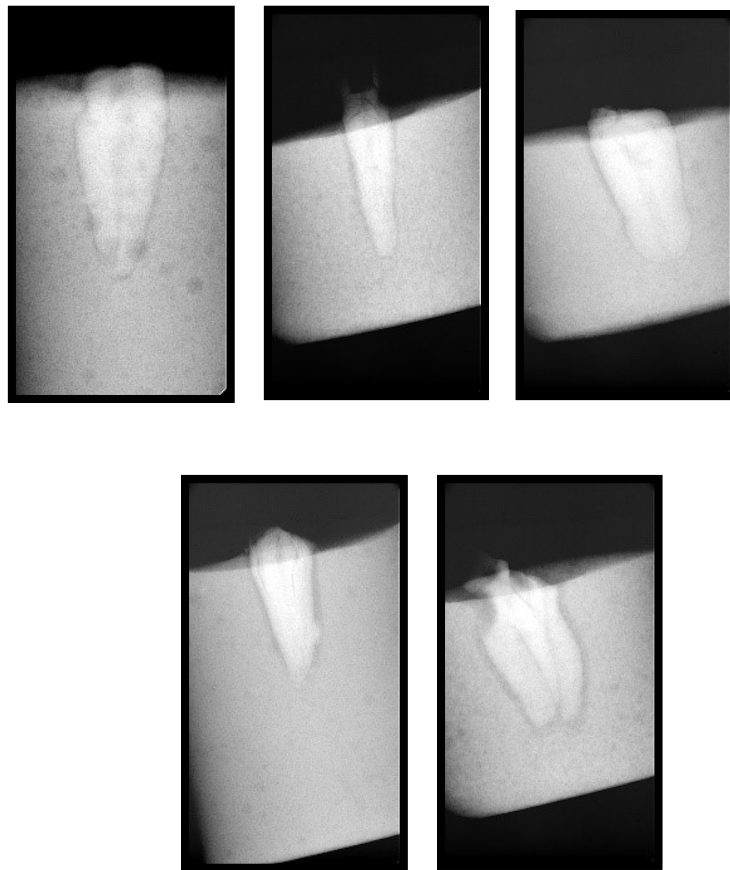


Figura 22- Rx após da ação da temperatura em dentes anterior e posterior sujeitos a 1100°C.

Amálgama:

Macroscopicamente aos 600°C:

Observou-se que após incineração a 600°C, a amálgama se tornou negra e opaca, perdendo as características morfológicas obtidas durante a condensação. Neste caso a dentina apresentou pigmentos rosados nas zonas que limitam a cavidade e que entram em contacto com a restauração em amálgama. (Figura 23)

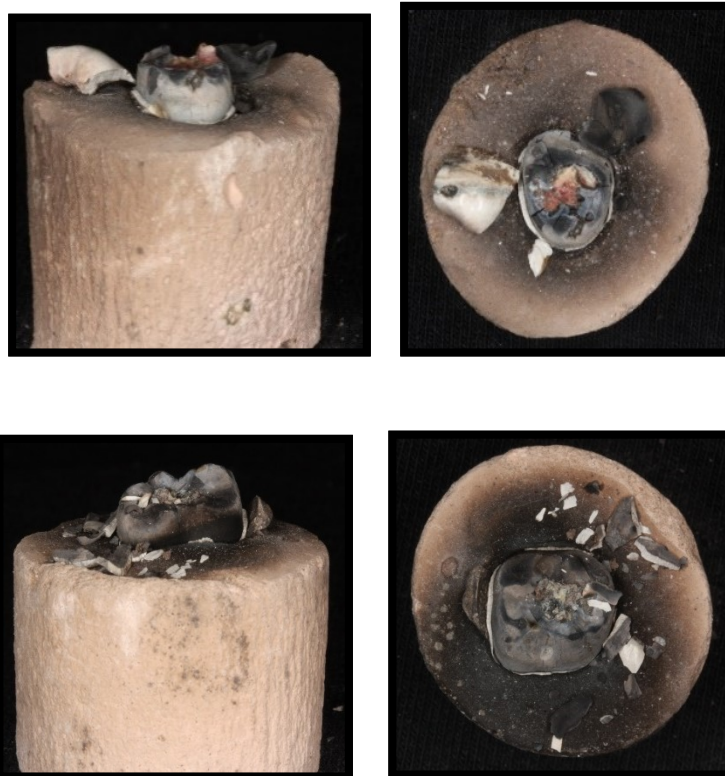


Figura 23- Fotografia dos dentes com restauração em amálgama sujeitos a 600°C.

Macroscopicamente aos 900°C:

Surgem fissuras e regiões com aspeto quebradiço e observa-se a amálgama com aspeto amorfo e deformado. Verificou-se que a restauração não permaneceu na cavidade. A superfície interna das cúspides apresentou fissuras com pigmentos rosados, sendo que o amálgama apresenta uma tonalidade cinzenta opaca ligeiramente mais escura que a coloração observada a 600°C. (Figura 24)



Figura 24- Fotografia do dente com restauração a amálgama sujeito a 900°C.

Macroscopicamente aos 1100°C:

Os dentes observados apresentaram fragmentação do esmalte e exposição da dentina subjacente. A dentina apresenta uma coloração branca giz e evidentes pigmentos de cor rosa/avermelhados. O amálgama apresentou-se quebradiço com uma aparência mais porosa que a verificada à temperatura anterior. Verificou-se também um aparente aumento de volume deste material de restauração quando comparado com o mesmo material à temperatura ambiente e quando queimado a 900°C. (Figura 25)

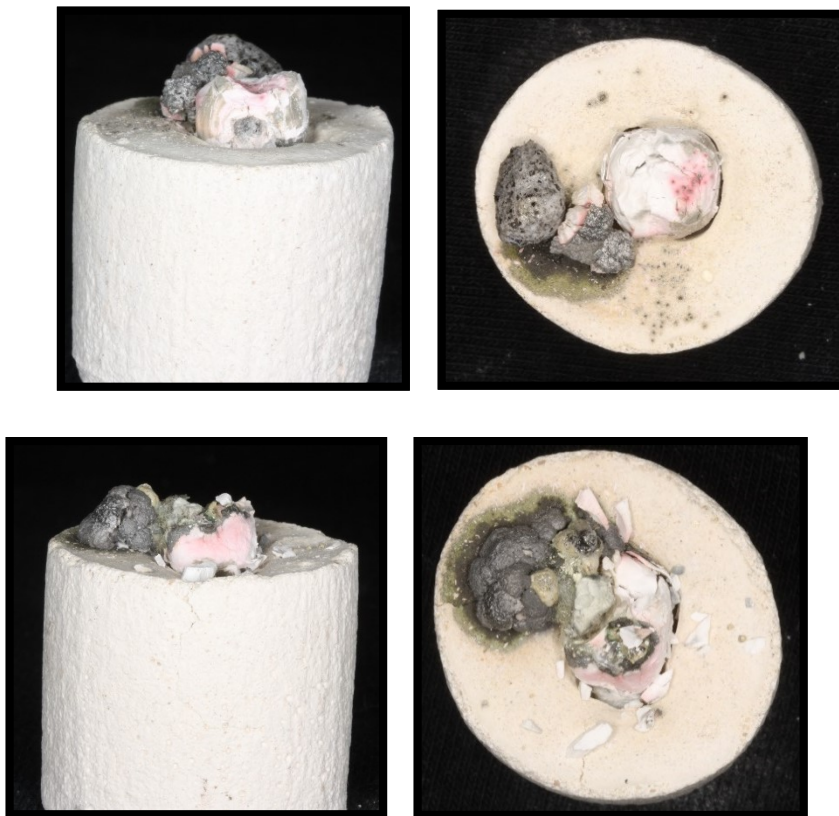


Figura 25- Fotografia do dente com restauração a amálgama sujeita a 1100°C.

Radiograficamente:

Verificou-se uma imagem radiopaca compatível com o material restaurador, quando submetido a temperaturas de 600°C e 1100°C; porém isso não se verificou aos 900°C. (figura 26)

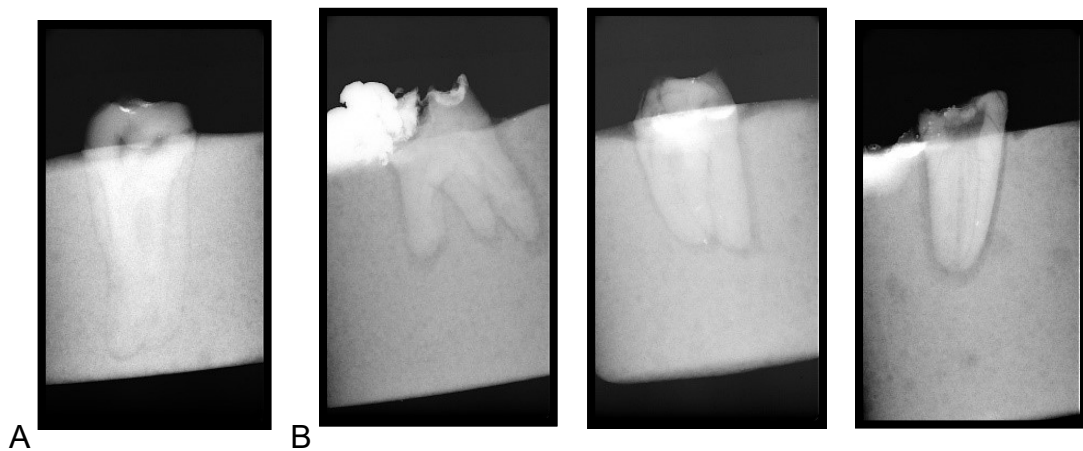


Figura 26- Radiografia do dente restaurado a A) 600°C, B) a 1100°C.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo, os tecidos e os materiais dentários apresentaram comportamentos diferentes em cada temperatura à qual foram expostos.

O presente estudo visa analisar as alterações que ocorrem nos tecidos duros dentários, ou seja tecidos mineralizados, bem como nos materiais de restauração dentária quando expostos a temperaturas elevadas.

5.1 ALTERAÇÕES VERIFICADAS NOS TECIDOS DENTÁRIOS

Uma das alterações que mais se encontrou nesta investigação foi a fragmentação do esmalte na região cervical. Este fenómeno ocorre devido à diferença de contração térmica verificada entre o esmalte e a dentina. ⁽³⁹⁾

O esmalte apresenta um elevado conteúdo inorgânico - 96 a 99%, sendo característico do mesmo uma estrutura mineral com grandes quantidades de fosfato de cálcio e cristais de hidroxiapatite.⁽⁴⁰⁾ Espina *et al.*, em 1990, descreve que o esmalte é mau condutor.⁽⁴¹⁾ Por esse motivo, quando submetido a altas temperaturas perde o pouco conteúdo de água e a matriz de colagénio que o constitui, levando à sua contração e consequentemente ao aparecimento de fissuras e fraturas. Contrariamente, a dentina apresenta um alto conteúdo orgânico - 18% e de água - 12% ⁽³⁹⁾, demorando algum tempo a sofrer desidratação, devido à proteção conferida pelo esmalte coronal e radicular. O cemento radicular tem uma composição semelhante à dentina pelo que, reage de forma semelhante, sendo protegido pelos tecidos periodontais e osso alveolar.

De acordo com os resultados deste estudo, a fragmentação do esmalte verificou-se logo aos 600°C, associada a fissuras longitudinais, altura em que a dentina se encontrou carbonizada. Aos 900°C verificaram-se fissuras longitudinais e transversais que se estenderam até à dentina, ocorrendo também fraturas radiculares. Aos 1100°C

evidenciou-se a separação do esmalte e as fissuras transversais internas na dentina que se prolongam à dentina radicular e ao cimento, levando à exposição da câmara pulpar.

No caso do estudo de Günther e Schmidt em 1953,⁽⁴²⁾ estes referiram que a separação do esmalte ocorre logo aos 400°C, enquanto Merlati *et al* ⁽⁴⁹⁾ descreve que apenas ocorre a partir dos 800°C.

Ao realizar uma revisão da literatura verificámos que Moreno *et al.*, em 2008 refere que o esmalte aos 400°C apresenta fissuras e fragmentação na região cervical; aos 600°C tanto a coroa e como a raiz apresentam fissuras longitudinais com aspeto quebradiço, assemelhando-se assim ao presente estudo. Aos 800°C, este descreve fissuras na superfície oclusal e fissuras longitudinais na raiz. Aos 1000°C, refere a fragmentação do esmalte e o cimento com um aspeto quebradiço e por fim aos 1200°C, o esmalte e a dentina fragmentam-se apresentando fissuras longitudinais e transversais da raiz. ⁽⁴³⁾

Noutro estudo de Rubio *et al.*; em 2016, verificaram que entre os 100°C e aos 400°C, tanto a coroa como a raiz apresentaram fissuras longitudinais e transversais. Além do referido anteriormente, também observaram a fragmentação do esmalte aos 600°C, o que se encontra de acordo com a nossa investigação. ⁽⁴⁴⁾ Os mesmos resultados foram encontrados no estudo de Karkhanis *et al.*; em 2009, todavia este estudo foi efectuado da dentição decidua. ⁽⁴⁵⁾

As alterações encontradas na coloração também foram características segundo a temperatura à qual o dente foi exposto, encontrando-se uma relação direta com o nível de carbonização dos dentes o que apresenta elevada importância a nível forense.

Como o esmalte é translúcido, este sofre um processo de carbonização gradual com as variações de temperatura, que Günther e Schmidt⁽⁴²⁾ denominaram «carbonização invisível», afetando o seu grau de opacidade ou perda de brilho. Desta forma as alterações de coloração na coroa refletir-se-ão nas mudanças da dentina, que variam de cor negra e castanha aos 600° C, branco-giz com pigmentos negras/cinzenta

nos 900° C, e branco giz nos 1100° C. Todas estas alterações de coloração foram semelhantes ao descrito por Merlati *et al.* ⁽⁴⁶⁾

De acordo com os resultados deste estudo, o esmalte aos 600°C apresentou-se com uma coloração cinzenta clara com manchas castanhas. Aos 900°C o esmalte torna-se branco apresentando ainda algumas manchas negras, derivadas da carbonização. Aos 1100°C ocorre a total separação do esmalte e a transformação de este em pó na totalidade dos dentes analisados.

Da mesma maneira, as raízes mudam a sua coloração em virtude das alterações do cimento. São castanho/escuros aos 600° C, branco azulado nos 900° C e branco giz/cinzenta aos 1100° C.

Tal como na investigação de Recalde *et al.*, efectuada em 2015, observámos a coloração negra da dentina coronal aos 200°C, 400°C e 600°C. Aos 800°C a dentina coronal e o cimento apresentaram uma coloração branca giz. O cimento apresenta uma coloração castanho escuro aos 400°C e aos 600°C uma cor cinzenta.⁽⁴⁷⁾

Bagdey *et al.*; em 2014 verificaram que aos 200°C a dentina coronal e o cimento apresentaram cor que pode variar de branca/amarela a cor castanho claro. Comparativamente à temperatura de 400°C em que o cimento apresentou coloração cinzenta/negra, assim como a coloração da dentina coronal castanho claro. Aos 600°C a raiz apresentou coloração negra, aos 800°C a dentina coronal apresentou uma coloração cinzenta escura e a raiz apresentou-se branca opaca.⁽⁴⁸⁾

Nos dentes com exposição da câmara pulpar, diferenciou-se a dentina secundária fisiológica que rodeia a polpa ⁽⁴⁹⁻⁵⁰⁾ aos 600°C e aos 1100°C, associada a uma coloração sempre mais clara que o resto da dentina primária. Por conter odontoblastos, estes carbonizam mais rapidamente que a dentina primária, assim a dentina secundária torna-se cinzenta quando a dentina primária se encontra carbonizada numa coloração negra os 900°C e torna-se branca quando a dentina primária se encontra calcinada e com uma coloração branco giz os 1100°C.

5.2 ALTERAÇÕES VERIFICADAS NOS MATERIAIS DENTÁRIAS

O ionómero de vidro apresentou baixa resistência às altas temperaturas devido possivelmente à espessura de material utilizado e aos níveis de carbonização verificadas às temperaturas estudadas.

Bagdey *et al.*; em 2014 verificaram macroscopicamente a separação do ionómero de vidro da cavidade dentária, e através do estereomicroscópio verificaram a alteração da sua coloração, sendo que aos 200°C e 400°C o ionómero de vidro se apresenta com uma coloração castanho claro. Aos 600°C e 800°C ocorre o desaparecimento total do material. ⁽⁴⁸⁾

Os restantes estudos encontrados na literatura como o de Merlati *et al.*, ⁽⁴⁶⁾ utilizaram o material como forramento cavitário em restauração de dentes com tratamento endodôntico tendo, por isso, obtido conclusões diferentes das apresentadas neste estudo.

Podemos concluir que o ionómero de vidro é constituído maioritariamente por matéria orgânica, sendo este material destruído através da ação da temperatura, o que impossibilita a sua observação macroscópica logo após a temperatura de 600°C e a sua observação radiográfica após a temperatura de 900°C.

Na resina composta o que mais chama a atenção é a mudança de coloração associada aos níveis de carbonização e de incineração. Aos 600°C verificou-se uma coloração negra/cinzenta e manchas negras brilhantes na zona marginal da resina. Aos 900°C e 1100°C a resina composta observa-se de coloração branca-dourada com separação entre a restauração e a peça dentária.

Merlati *et al.*; em 2004, verificaram que aos 600°C a resina é de coloração branca/giz, aos 800°C é de coloração branca/giz e na zona marginal cinzenta/azulada e

por fim aos 1100°C a resina apresenta alteração de forma com coloração branca brilhante.⁽⁴⁶⁾

Moreno *et al.*; em 2008, descreve que aos 200°C a resina composta apresentou uma coloração castanha, sendo que aos 400°C ocorre desadaptação marginal do material com aumento do brilho. Aos 600°C apresentou fissuras e separação da resina, com uma coloração negra/cinzenta, tal como no presente estudo. Aos 800°C verificaram o desalojamento da resina e uma coloração branca/giz. Aos 1000°C a coroa apresentou uma coloração cinzenta escura e por fim aos 1200°C verificou-se o desaparecimento da resina composta.⁽⁴³⁾

Spadácio *et al.*; em 2007, refere que a resina composta aos 100°C apresenta uma coloração branca e aos 200°C muda a sua coloração para amarelo/acastanhado. Aos 300°C a resina composta sofre contração e coloração térmica e apresenta uma coloração cinzenta. A temperaturas de 900°C e 1200°C a resina composta apresenta com uma coloração branca com separação da peça dentária.⁽⁵¹⁾

Os resultados obtidos encontram-se em consonância com a bibliografia encontrada, que refere uma alteração progressiva da cor dos compósitos, desde o tom mais esbranquiçado a temperaturas mais baixas, passando pelos tons acastanhados e terminando, quando as temperaturas se aproximam dos 800°C, novamente numa coloração branca^(43,46,51). Este padrão é descrito como padrão bifásico.

Estes artigos sugerem uma justificação para esta sequência colorimétrica: a alteração de cor inicial é devida à separação entre a matriz resinosa e as partículas de carga existentes nos compósitos. Entre os 400-600°C a cor escurece tornando-se num tom acastanhado, justificado pela alteração química, decorrente da temperatura, dos pigmentos existentes no compósito, ou pela oxidação dos seus componentes orgânicos. A destruição total destes pigmentos origina uma coloração esbranquiçada a partir dos 600°C.⁽⁵²⁾

Relativamente ao amálgama, verificámos que aos 600°C esta adquire uma coloração negra opaca perdendo as características morfológicas conferidas durante a condensação. A dentina apresenta uma pigmentação rosada na zona que entra em contacto com o material de restauração. Aos 900°C o amálgama sai da cavidade por fragmentação do esmalte, com uma coloração cinza opaca e aspeto quebradiço. Aos 1100°C o amálgama apresentou-se com aspecto quebradiço e poroso (globular) que a verificada à temperatura anterior. Verificou-se também um aparente aumento de volume deste material de restauração quando comparado com o mesmo material à temperatura ambiente e quando queimado a 900°C.

Esta aparência globular foi descrita na literatura, sendo justificada pela dissociação da liga que constitui a amálgama, provocada pela temperatura, em que o mercúrio evapora através de bolhas gasosas e forma consequentemente (e quando arrefece) bolhas e nódulos. Estes nódulos foram designados de “*Silver bullets*” pelos autores Gunther e Schmidt em 2004. ⁽⁴²⁾

Estes resultados encontram-se em consonância com os resultados obtidos no estudo efetuado por Vázquez *et al.*; em 2012, que verificaram aos 200°C a separação do amálgama da cavidade, tornando-se opaco. Aos 400°C o amálgama evidenciou fissuras superficiais com uma coloração mais escura. Aos 600°C verificaram uma coloração negra com perda das características morfológicas similar à nossa investigação. Nas temperaturas de 800°C e 1000°C o amálgama apresentou separação da cavidade com coloração negra. ⁽⁵³⁾

No estudo efetuado por Bagdey *et al.*; em 2014, aos 200°C e 400°C o amálgama apresentou uma coloração castanha clara a negra. Aos 600°C apresentou separação do material da cavidade dentária e por fim aos 800°C verificou essa mesma separação conjuntamente com fissuras no amálgama. ⁽⁴⁸⁾

Outros autores descreveram que às temperaturas de 100°C, 200°C e 300°C o amálgama apresentou alterações não muito significativas na sua estrutura e coloração. Aos 400°C tornou-se negro e com temperaturas de 500°C, 600°C e 700°C, observou-se

que a restauração apresentou aspeto quebradiço de forma parcial. Aos 800°C, 900°C e 1000°C observou-se a separação do elemento prata da restante liga e aos 1100°C e 1200°C o material apresentou-se brilhante no fundo da restauração.⁽⁵¹⁾

Uma das características mais relevantes do comportamento do amálgama, é a pigmentação conferida a dentina. Às temperaturas de 600°C, 900°C e 1100°C apresentou uma pigmentação rosada nas zonas que limitam a cavidade e que entram em contacto com a restauração. Moreno *et al.*; em 2008, reportou que se encontram pigmentos na dentina ao redor do material entre os 600 e 1200 °C. ⁽⁴³⁾ de igual forma Merlati *et al.*; em 2004, fizeram referência ao aparecimento de pigmentos rosados na coroa dos dentes restaurados com amálgama e submetidos a uma temperatura de 1000 e 1100 °C. ⁽⁴⁹⁾

Esta pigmentação está descrita na literatura e os artigos disponíveis sugerem uma possível justificação: a libertação de óxidos voláteis de mercúrio, cobre e/ou prata, consequentes do aumento de temperatura e responsáveis pela coloração rosada/avermelhada observada.⁽⁴²⁾

Devido à importância apresentada pelas radiografias dentárias, nos diferentes métodos de identificação, a sua utilização reveste-se de extrema importância. Por esse motivo este foi o método selecionado para a observação das alterações verificadas nos tecidos e nos materiais de restauração.

Diversos autores salientam a importância da radiografia intra e extra - oral como método de identificação dentária a partir da análise de diferentes estruturas duras e moles que constituem o sistema estomatognático, do mesmo modo que os tecidos e materiais dentários têm sido empregues para orientar e documentar processos de identificação dentária forense em casos de cadáveres queimados, carbonizados e incinerados. ^(54,55,56)

Neste estudo analisaram-se as alterações dos tecidos e materiais dentários considerando os seguintes critérios: forma, dimensão, relação entre radiopacidade e radiolucidez. Desta forma, aos 600°C observou-se a separação do esmalte e da dentina e observou-se também uma rede de linhas radiolúcidas compatíveis com um padrão de fissuras transversais coronária. Aos 900°C e 1100°C observou-se a fragmentação total

da coroa dentária, sendo que as fissuras aparecem tanto no sentido vertical como longitudinal, envolvendo a estrutura coronária e radicular.

As temperaturas atingidas num incêndio variam em função das suas circunstâncias, num incêndio florestal podem atingir-se temperaturas até aos 1200°C durante períodos de 5 minutos, pelo contrário, num incêndio doméstico as temperaturas aumentam lentamente entre os 650°C e 700°C, sendo a duração do pico máximo curta uma vez que ocorre rápida difusão para as áreas vizinhas. Por este motivo, nesta investigação foram seleccionadas as temperaturas de 600°C, 900°C e 1100°C, sendo estas as mais semelhantes a um incêndio real. As peças dentárias têm tido uma grande importância nos diferentes métodos de identificação pois, este é o tecido mais resistente do corpo humano a elevadas temperaturas. Entre cada temperatura exposta neste estudo, existiram mudanças específicas a nível macro-estrutural que afectaram a morfologia dos dentes, tornando-os úteis na identificação de cadáveres severamente mutilados, carbonizados ou já esqueletizados. É necessário ter em conta que nesta investigação foram usados tanto dentes hígidos como dentes restaurados. Contudo, sabe-se que os primeiros são mais resistentes uma vez que possuem 100% da sua estrutura, contrariamente aos restaurados.

Este estudo apresenta-se limitado uma vez que as peças dentárias foram expostas de uma forma directa ao fogo não mimetizando, desta forma, as condições verificadas na cavidade oral, onde se encontram protegidas por diversas estruturas, como músculos faciais, pele, língua, tecidos periorais e ainda por tecido ósseo.

6. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que o conhecimento do comportamento dos tecidos e dos materiais dentários à ação de altas temperaturas, apresenta uma grande importância para a medicina dentária forense durante os processos de identificação de indivíduos cujo cadáver ou restos cadavéricos tenham sido queimados, carbonizados ou incinerados.

Os tecidos dentários como o esmalte, dentina e cemento, apresentam uma elevada resistência à ação de altas temperaturas, o que confere aos dentes uma estabilidade considerável, sendo verificadas grandes alterações macroestruturais que afetam a sua morfologia.

Os materiais dentários como a amalgama e a resina composta, apresentam também alguma resistência à ação das altas temperaturas. Ao contrário do verificado no ionômero de vidro.

Os tecidos e os materiais dentários apresentam uma série de mudanças físicas macroestrutural; (cor, textura, forma), radiográficas (a perda de continuidade da união amelo-dentinária e o percurso das linhas de fratura desde a dentina até o esmalte e vice-versa. O qual ocasiona a separação deste último e a fragmentação da coroa) para cada temperatura estudada, pelo que o seu comportamento pode evidenciar o grau de temperatura a que o cadáver foi exposta.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Spencer D E. Forensic odontology: an overview. J Calif Dent Assoc. 2014. p. 397-405.
2. Chango R, Guevara O, Armas A. La odontología forense y su aplicabilidad en el procesamiento de escenas del crimen y demás eventos catastróficos. *Odontología Sanmarquina*. 2016.
3. Tello F J, Medicina Forense. México, D.F. Editorial Harla, 1991. p.326-330.
4. Moya Pueyo V; Roldan Garrido B. "Odontología legal y forense I". Barcelona: Editorial Masson S.A; 1994. p. 3-5.
5. Sada J M, Arroyo G. Identification through odontologic study. *Tribuna Médica*. 1985; 11:1-6.
6. Clark D H. An analysis of the value of Forensic Odontology in ten mass disasters. *Int Dent J*. 1994; 44: 241-50.
7. Morse D, Esposito J, Schoor R, Gorin R. Comparison of clinical and statistical models in age estimation using dental periapical radiographic parameters: *Compend Contin Educ Dent* 1993. (6): 832-45.
8. Norrlander A L. Burned and incinerated remains. In: Bowers C M, Ben G L, editor. 3 ed. Colorado Springs: Manual of Forensic Odontology; 1995. p. 16-8.
9. Moreno S, Moreno F. Antropología dental: una herramienta valiosa para fines forenses. *Revista Estomatología*. 2002. 10(2): 29-42.
10. Sweet, D. ¿Por qué es necesario un odontólogo para la identificación? México: McGraw-Hill Interamericana 2001. p. 245-57.

11. Casas A, Narváez H, Rodríguez J V, Valdés Y. Odontología forense. In: Ecoe, editor. Santa fe de Bogotá 1995. p. 93 - 4.
12. Mertz C A. Identificación dental. In: Standish S M, Stimson P G, directores huéspedes, editor. Clínicas odontológicas de Norteamérica: odontología forense. México. Editorial Interamericana; 1977. p. 47-67.
13. Sweet D, Hildebrand D P, Phillips D. Identification of a skeleton using DNA from teeth and PAP smear. *J Forens Sci* 1999; 44:630.
14. Diplomate reference manual. The American Board of Forensic Odontology ABFO; USA 2004. p. 133-4.
15. Valenzuela A, Martin de las Heras S, Marques, T. e col. The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *Int J Legal Med*. 2000; 113:236-239.
16. Moya Pueyo V; Roldan Garrido B. "Odontología legal y forense I". Barcelona: Editorial Masson S.A; 1994. p 3-5.
17. Norrlander A L. Burned and incinerated remains. In: Bowers C M, Ben G L, editor. 3 ed. Colorado Springs: Manual of Forensic Odontology; 1995. p. 16-8.
18. Tello F J. Medicina Forense. México, D.F. Editorial Harla; 1991.
19. Montiel J. In: Noriega, editor. Manuales de Criminalística. México 2002.
20. Fernández Pereira J M., Martínez Rosado A R., González Curbelo W. Incendios. Criminalistica.com.mx / Derechos Reservados; 2009.

21. Sweet, D. ¿Por qué es necesario un odontólogo para la identificación? México: McGraw-Hill Interamericana 2001. p. 245-57.
22. Raimundo A., Figueiredo C. Human thermophysiological response to high intensity radiation fluences near a forest fire line. V International Conference on Forest Fire Research DX Viegas; 2006.
23. Patidar, Parwani R, Wanjari S. Effects of high temperature on different restorations in forensic identification. *J Forensic Dent Sci*; 2010. 2: 37-43.
24. Espina A, Barrios F, Ortega A e col. Cambios estructurales en los tejidos dentales duros por acción del fuego directo, según edad cronológica. *Ciencia Odontológica*; 2004. 1:38-51.
25. Raimundo A, Figueiredo C. Human thermophysiological response to high intensity radiation fluences near a forest fire line. V International Conference on Forest Fire Research DX Viegas; 2006.
26. Richards N F. Fire Investigation – Destruction of Corpses. *MedSci Law* 1977; 12:79-82.
27. Barraza M S. Javeriana.edu.co; 2016 [Available from: <http://www.javeriana.edu.co/universitasodontologica>].
28. Valenzuela A, Martín de las Heras S, Marques T e col. The application of dental methods of identification to human burn victims in a mass disaster. *Int J Legal Med*. 2000; 113:236-239.

29. Espina A, Barrios F, Ortega A e col. Cambios estructurales en los tejidos dentales duros por acción del fuego directo, según edad cronológica. *Ciencia Odontológica*; 2004. 1:38-51.
30. Berketa J, James H, Marino V. Survival of batch numbers within dental implants following incineration as an aid to identification. *J For Odontostomatol*. 2010; 28:1-4.
31. Melani R F H. Identificação humana em vítimas de carbonização: análise odontolegal através da microscopia electrónica. São Paulo 1998.
32. Kuchinski F B. Glossário histologia dental e periodontal. 4 ed: Editora Apoio; 1988.
33. Lefevre M L, Hodge H C. Chemical analysis of tooth samples composed of enamel, dentina and cementum. *J dent Res*. 1937; 16:279.
34. Muller M, Berytrand M F, Quatrehomme G e col. Macroscopic and microscopic aspects of incinerated teeth. *J For Odontostomatol*. 1998; 16:1-7.
35. Pereira R M. A contribuição da odontologia legal na identificação humana em acidente aeronáuticos. São Paulo 2003.
36. Craig R, Hanks C, Kohn D, Koran III A, O'Brien W, Powers J, Wagner W, Wataha J. *Materiales de odontología restauradora*. España S.A: Harcourt Brace 1998.
37. Craig R G. *Materiales de odontología restauradora*. 10 ed. Madrid: Harcourt Brace; 1998.

38. Muller M, Berytrand M F, Quatrehomme G e col. Macroscopic and microscopic aspects of incinerated teeth. *J For Odontostomatol*. 1998; 16:1-7.
39. Patidar, Parwani R, Wanjari S. Effects of high temperature on different restorations in forensic identification. *J Forense Dent Sci*; 2010. 2: 37-43.
40. Torneck, C D. El complejo pulpo dentinario. In: *Ten Cate AR*, editors. *Histología oral: desarrollo, estructura y función*. 2 ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana SA; 1986. p. 190-235.
41. Espina A, Barrios F, Ortega A e col. Cambios estructurales en los tejidos dentales duros por acción del fuego directo, según edad cronológica. *Ciencia Odontológica*; 2004. 1:38-51.
42. Rötzscher K, Grundmann C, Benthau S. The effects of high temperatures on human teeth and dentures. *Int Poster J Dent Oral Med*; 2004. Poster 213.
43. Moreno S, León M E, Marín L, Moreno F. Comportamiento de los tejidos dentales y de algunos materiales de obturación dental sometidos a altas temperaturas con fines forenses: *Colomb Med* 2008. 39 (1): 28-46.
44. Rubio L; Sioli J M; Santos I; Fonseca G M; Martin-de-las-Heras. Alteraciones Morfológicas en Dientes Sometidos a Altas Temperaturas con Interés Forense. *Int. J. Morphol*; 2016. 34(2):719-728.
45. Karkhanis, S; Ball J, Franklin D. Macroscopic and microscopic changes in incinerated deciduous teeth. *J Forensic Odontoestomatol*; 2009. 27: 9-19.

46. Merlati G, Savio C, Danesino P, Fassina G, Menghini P. Further Study of restored and unrestored teeth subjected to high temperatures. *J Forensic Odontostomatol*. 2004; 22:17-24
47. Recalde T F; Dias P E M; Rodriguez J C Z; Escobar M C G, Perdomo M C. Análisis del comportamiento de los tejidos dentales y materiales de obturación endodóntico sometidos a altas temperaturas con fines forenses. Paraguay: Rev RBOL 2015. 2(1):35-45
48. Bagdey S.; Moharil R B.; Dive A M.; Thakur S.; Bodhade A.; Dhobley A A. Effect of various temperatures on restored and unrestored teeth: A forensic study. Nagpur: Department of Oral and Maxillofacial Pathology. 2014. 6: 62-66.
49. Karkhanis, S; Ball J, Franklin D. Macroscopic and microscopic changes in incinerated deciduous teeth. *J Forensic Odontostomatol*; 2009. 27: 9-19.
50. Torneck, C D. El complejo pulpo dentinario. In: *Ten Cate AR*, editors. *Histología oral: desarrollo, estructura y función*. 2 ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana SA; 1986. p. 190-235.
51. Spadácio C.; Análise dos principais materiais dentários restauradores submetidos à ação do fogo e sua importância no processo de identificação. Piracicaba, SP: 2007. p. 59.
52. Brandao R.; Martin C C.; Heat induced changes to dental resin composites: a reference in forensic investigations? *Journal of Forensic Science* 2007 JUL)
53. Vázquez L.; Rodríguez P.; Moreno F. Análisis macroscópico in vitro de los tejidos dentales y de algunos materiales dentales de uso en endodoncia sometidos a altas

temperaturas con fines forenses. *Revista Odontológica Mexicana*. 2012. 16(3): 171-181.

54. Patidar, Parwani R, Wanjari S. Effects of high temperature on different restorations in forensic identification. *J Forense Dent Sci*; 2010. 2: 37-43.

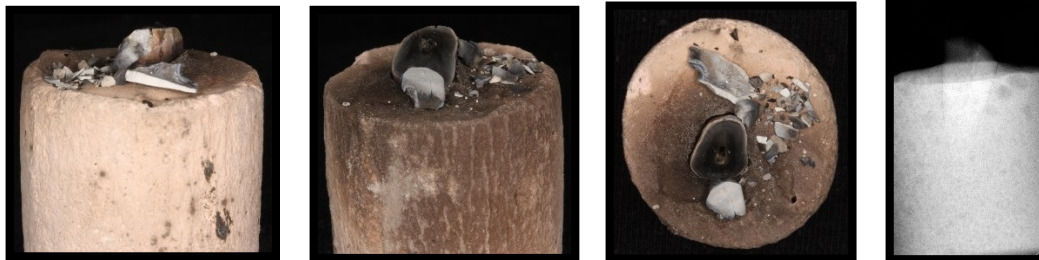
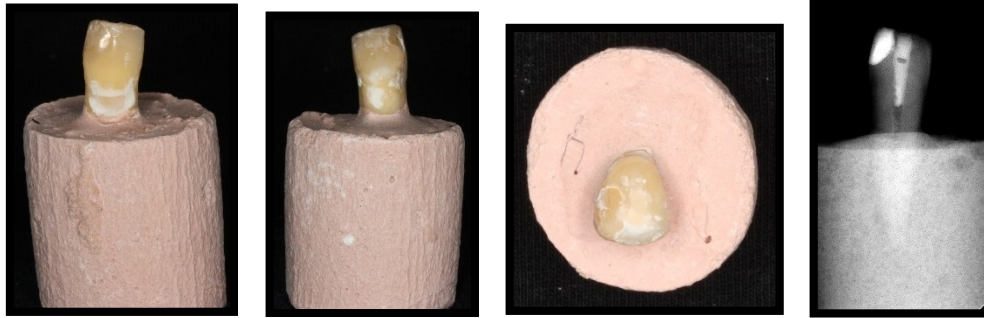
55. McKenna C J. Radiography in forensic dental identification. A review. *J Forensic Odontostomatol*; 1999. 17: 47-53.

56. Thimmarasa D P S. Jayadev M. Vishal G, Manas. Role of dent maxilla facial radiography in forensic odontology. *A review Journal of Oral Sign*; 2012. 2: 24-8.

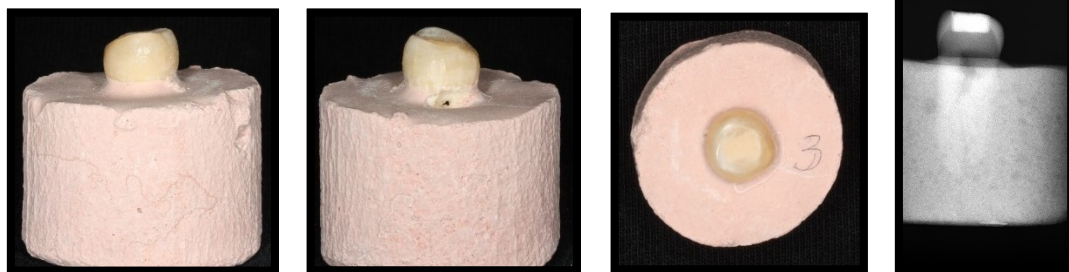
8. ANEXOS

8.1 Anexos General

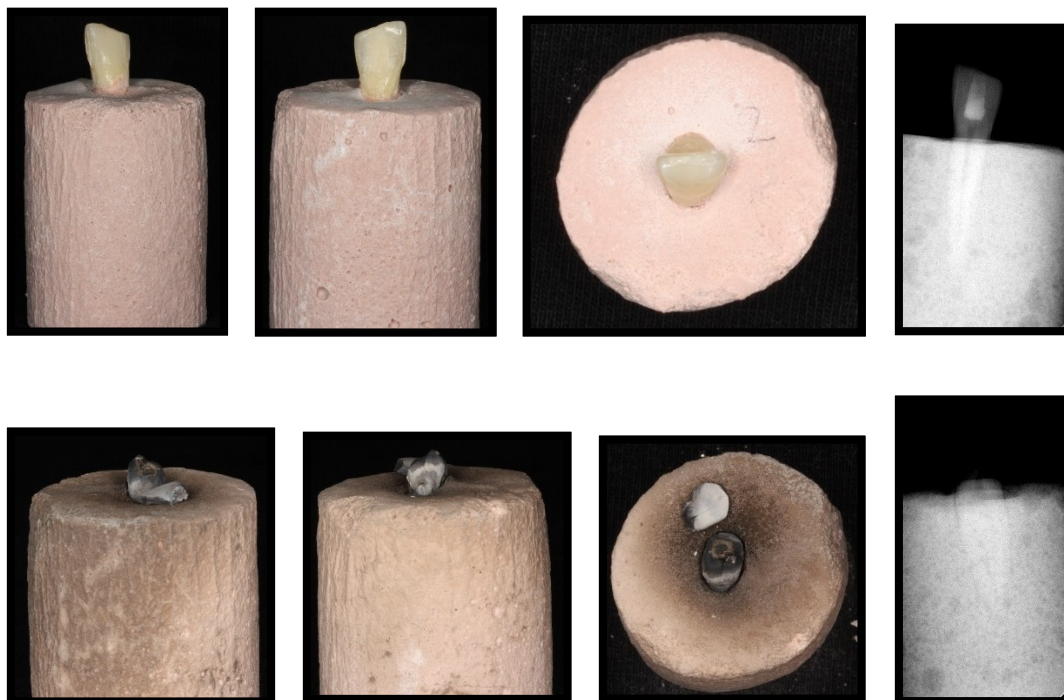
Anexo N°1 Dente 1.3 com ionómero de vidro sujeito a 600°C.



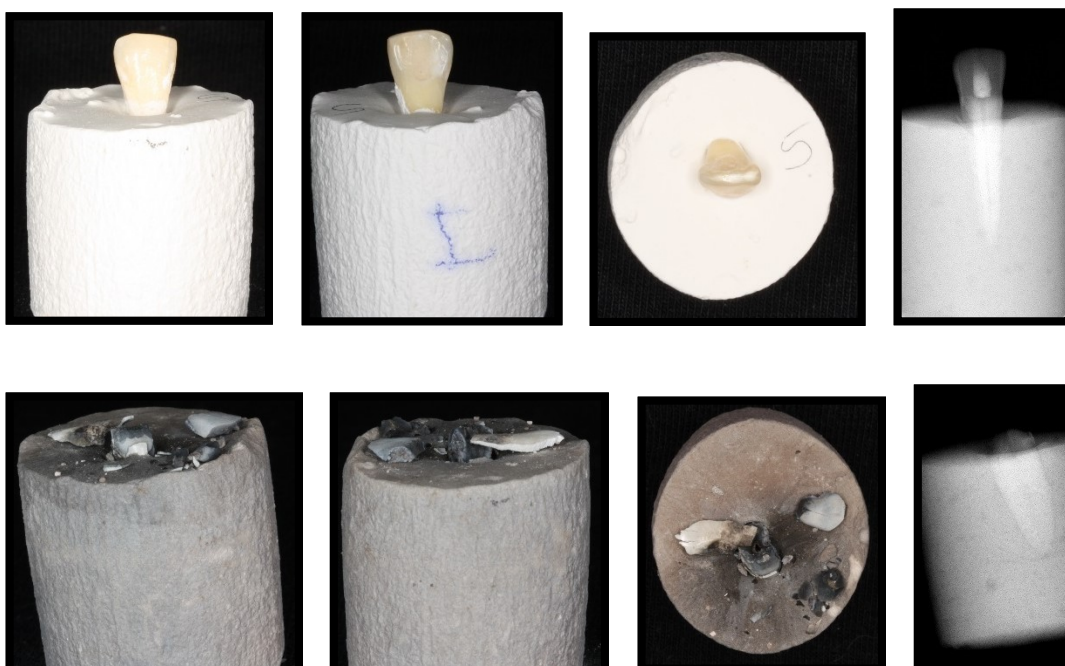
Anexo N°2 Dente 1.5 com ionómero de vidro sujeito a 600°C.



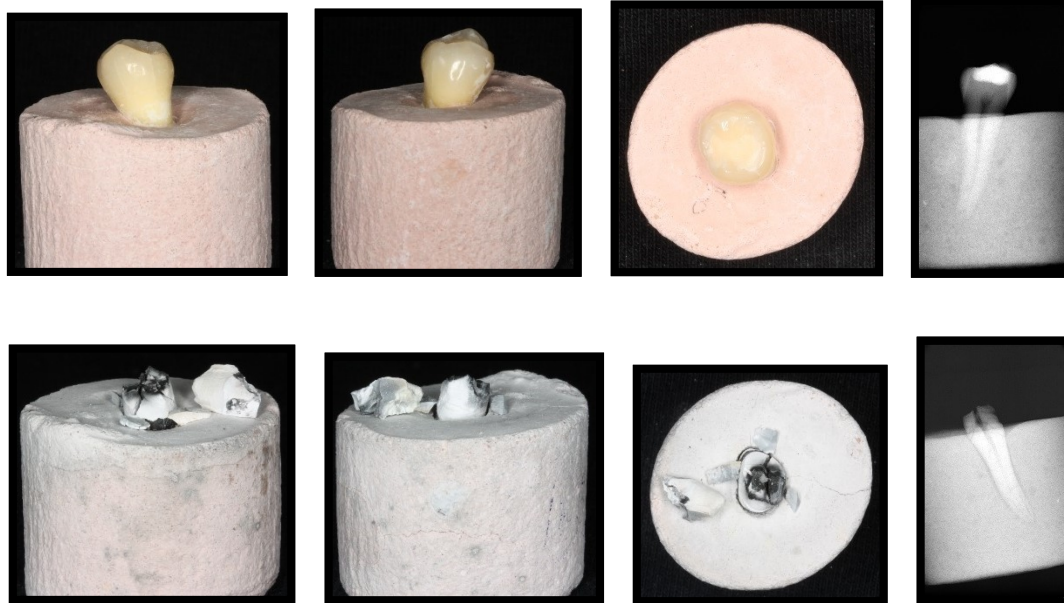
Anexo N°3 Dente 3.2 com ionômero de vidro sujeito a 600°C.



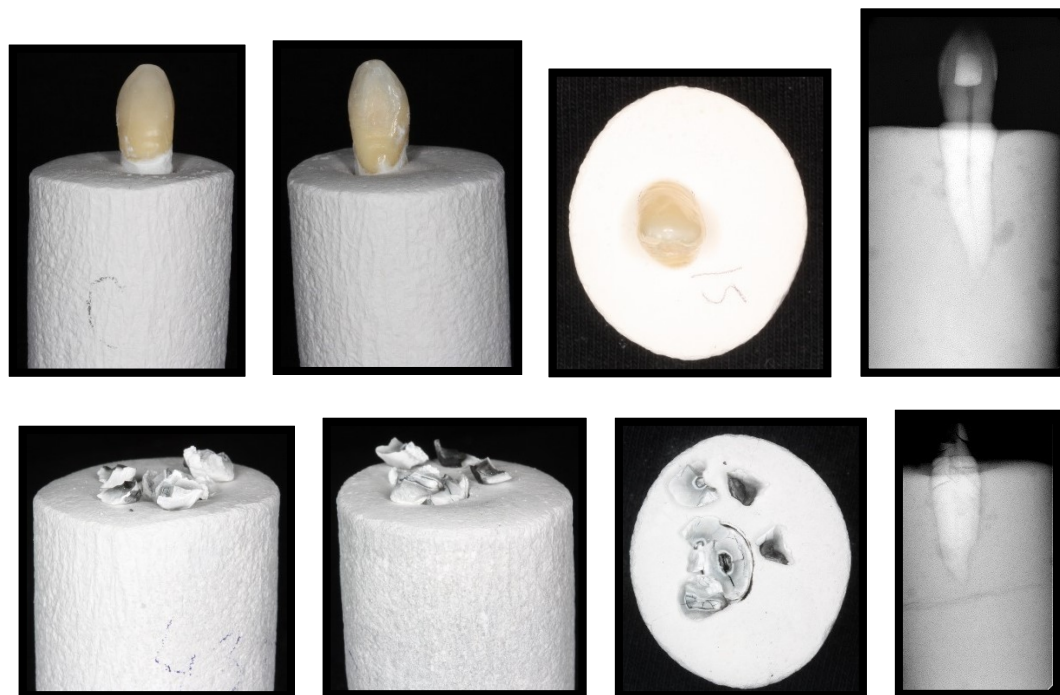
Anexo N°4 Dente 4.2 com ionômero de vidro sujeito a 600°C.



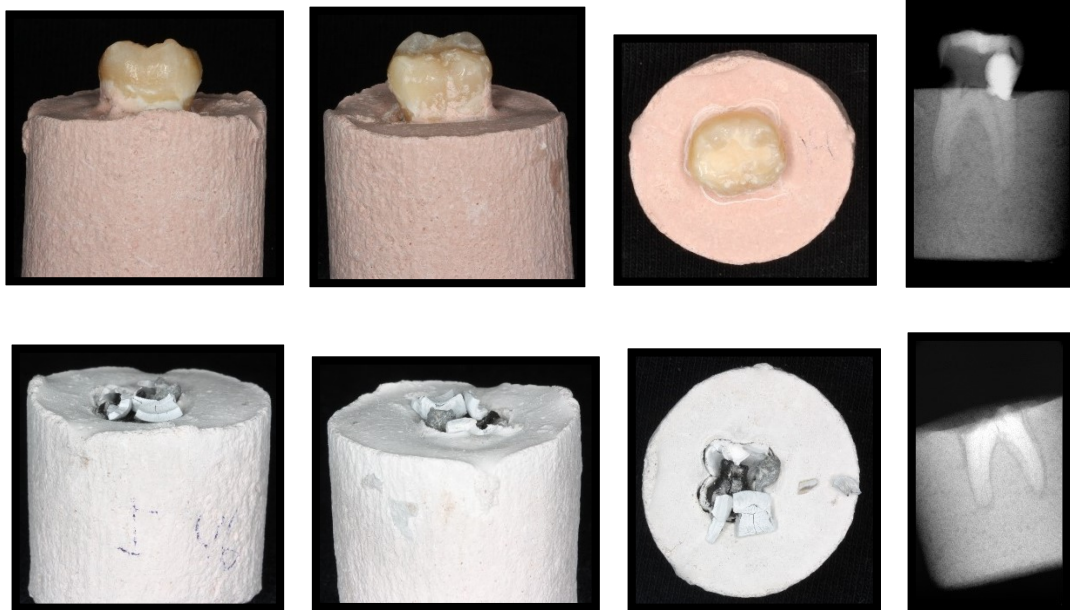
Anexo N°5 Dente 1.5 com ionómero de vidro sujeito a 900°C.



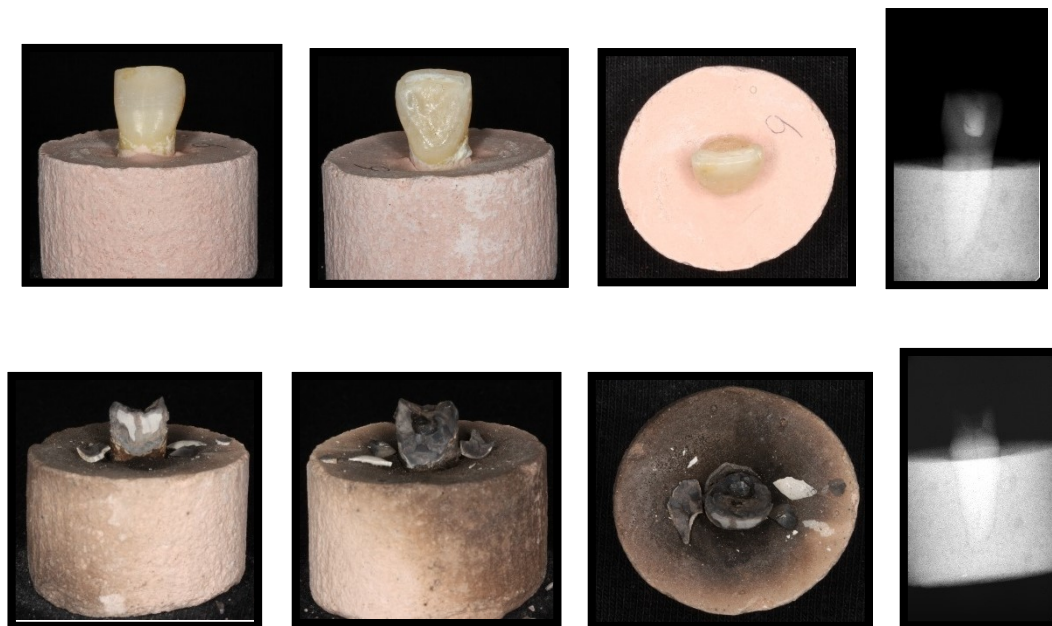
Anexo N°6 Dente 1.3 com ionómero de vidro sujeito a 900°C.



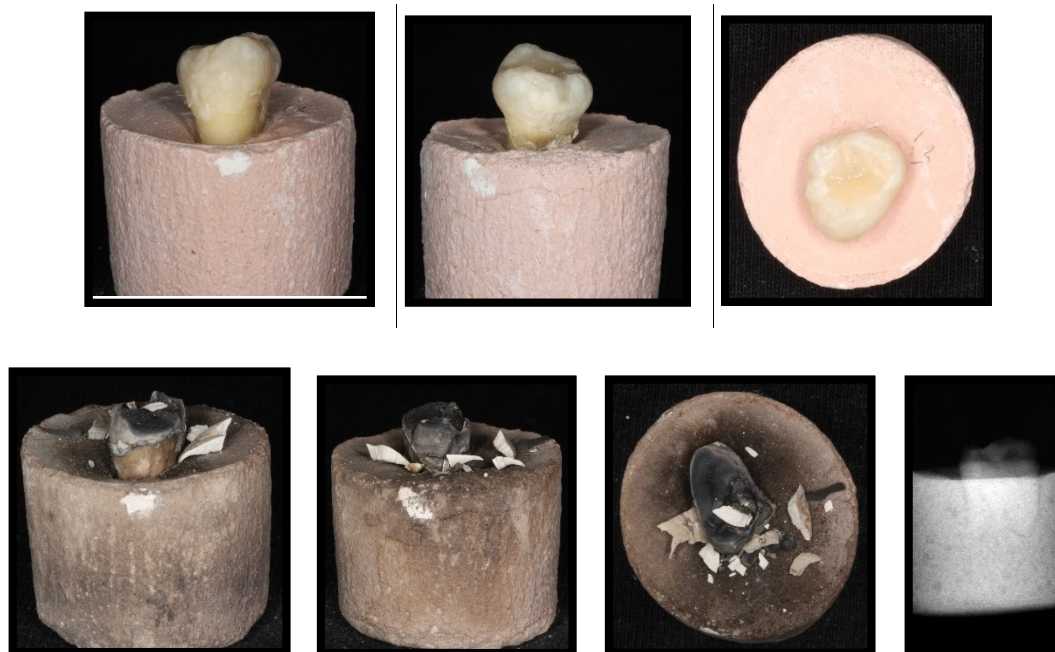
Anexo N°7 Dente 4.6 com ionómero de vidro sujeito a 900°C.



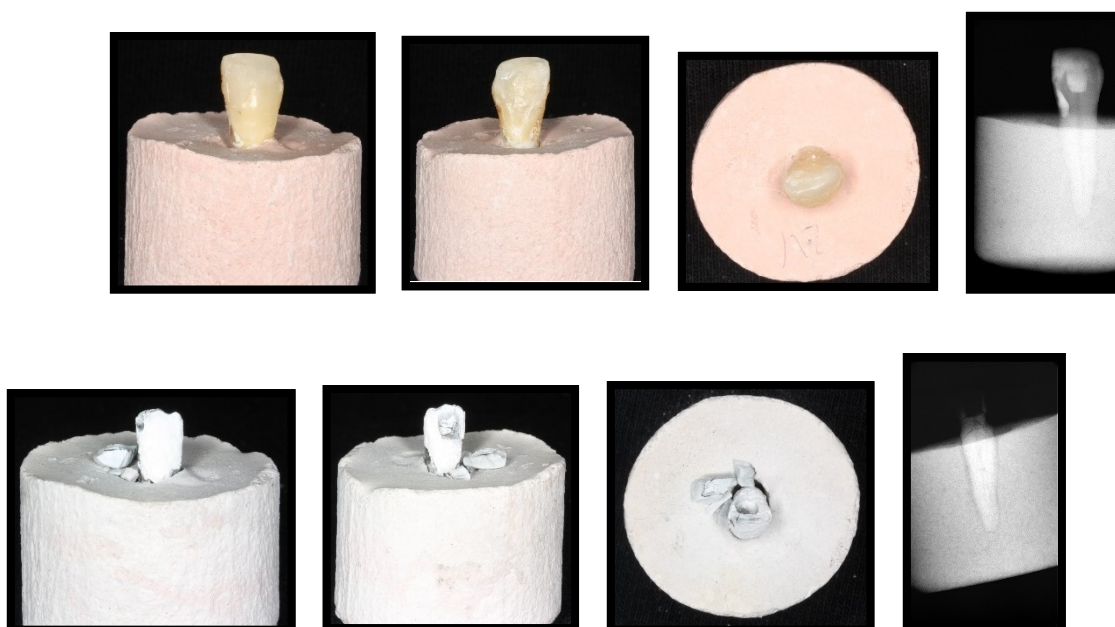
Anexo N°8 Dente 1.1 com Resina Composta sujeito a 600°C.



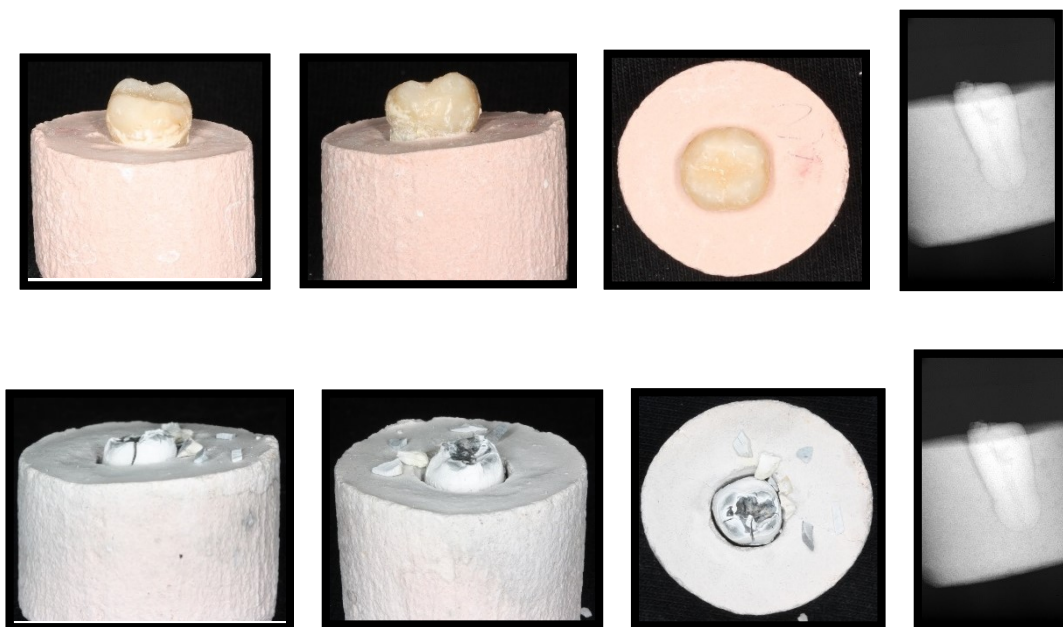
Anexo N° 9 Dente 3.8 com Resina Composta sujeito a 600°C.



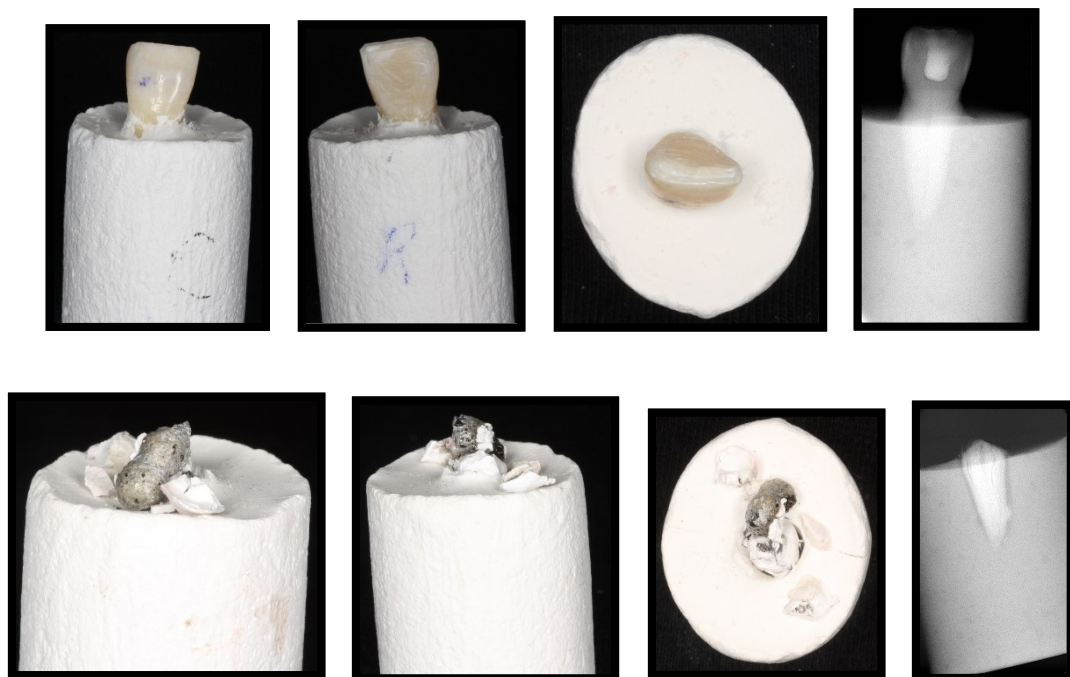
Anexo N°10 Dente 1.2 com Resina Composta sujeito a 900°C.



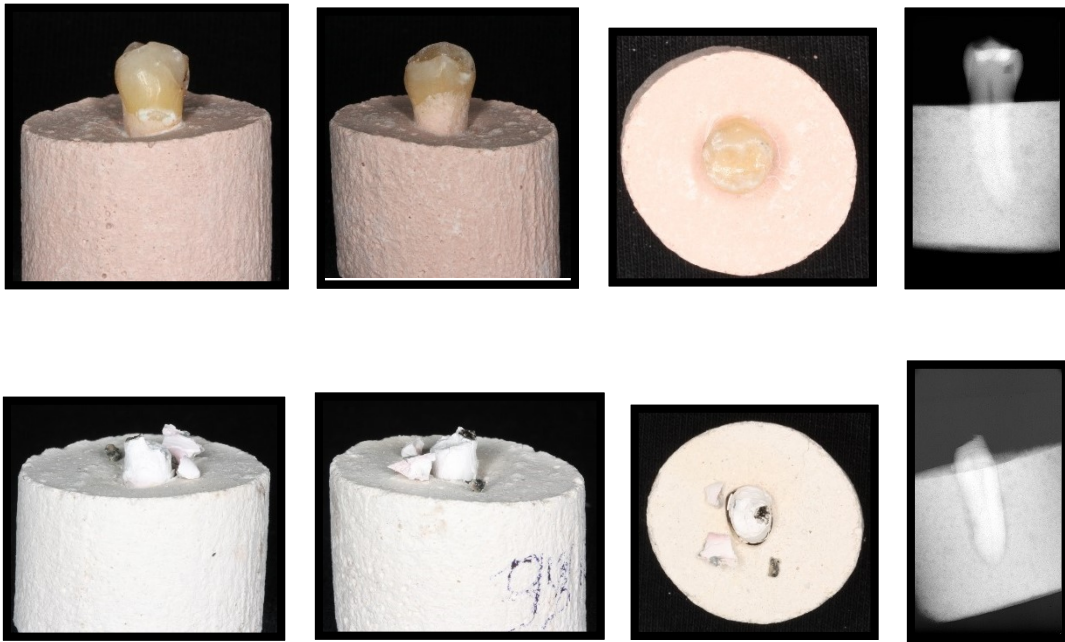
Anexo N°11 Dente 4.7 com Resina Composta sujeito a 900°C.



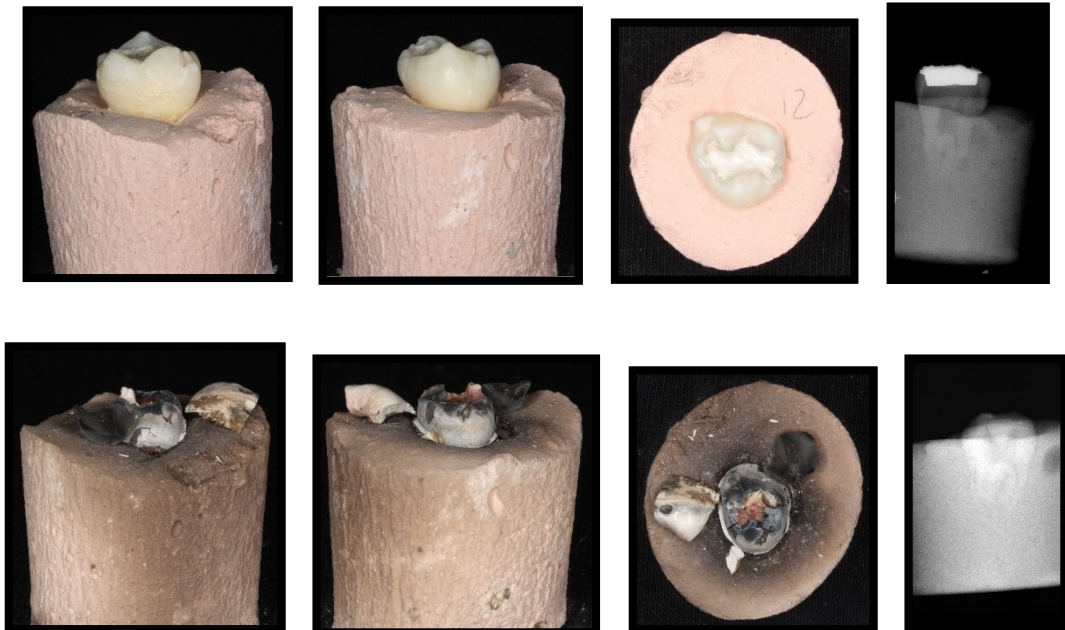
Anexo N°12 Dente 2.1 com Resina Composta sujeito a 1100°C.



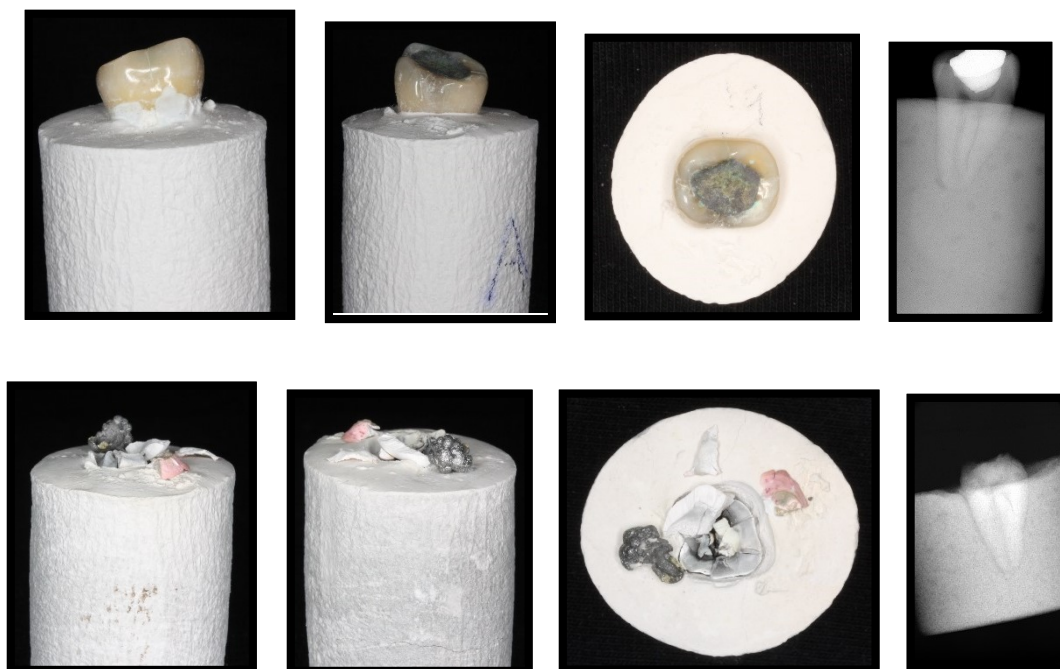
Anexo N°13 Dente 3.4 com Resina Composta sujeito a 1100°C.



Anexo N°14 Dente 4.8 com Amalgama sujeito a 600°C.



Anexo N°15 Dente 3.7 com Amalgma sujeito a 900°C.



Anexo N°16 Dente 4.7 com Amalgma sujeito a 1100°C.



